

Air-and-N₂ broadening parameters of water vapor; 604 to 2271 cm⁻¹

Robert A. Toth

California Institute of Technology

Jet Propulsion Laboratory

Pasadena California 91109

Tables 10

Figures 4

ABSTRACT

High resolution measurements of air and N₂ broadened widths and pressure-induced frequency-shifts of water vapor were obtained covering the spectral region between 604 and 2271 cm⁻¹. Over 1300 vibration-rotation transitions were measured including the (000)-(000), (010)-(010), (010)-(000), (020)-(010), and (100)-(010) vibrational bands of H₂¹⁶O. Also included were measurements of H₂¹⁸O and H₂¹⁷O from normal water vapor samples and H₂¹⁸O + N₂ observations with oxygen-18 enriched gas samples. Collisional narrowing effects were observed in a few lines involving high J and low K_a transitions with the lowest measured linewidth coefficient equal to 0.0046(4) cm⁻¹/atm. (air-broadening) for the completely overlapping transitions, 17 0 17 ~ 18 1 18 and 17 1 17 ~ 18 0 18, at 1235.204 cm⁻¹. The results are compared to values given in previous studies.

1. INTRODUCTION

In a recent study¹, we presented an extensive listing of the self-broadening parameters of water vapor covering the 600 to 2300 cm^{-1} region. In the present work, the self-broadening values¹ were used in the analyses in order to obtain accurate values of linewidths and pressure-induced frequency-shifts for air and N_2 broadening measurements.

Other experimental investigations involved in foreign-broadening of water vapor in this spectral region include the following studies: $\text{H}_2\text{O+air}$ widths for the region between 800 and 1150 cm^{-1} by Rinsland et al.², $\text{H}_2\text{O+Argon}$, $\text{H}_2\text{O+N}_2$, $\text{H}_2\text{O+O}_2$, and $\text{H}_2\text{O+air}$ widths and shifts for 20 lines in the ν_2 and $2\nu_2-\nu_2$ bands by Giesen et al.³, $\text{H}_2\text{O+air}$ widths and shifts for 271 lines between 1211 and 2091 cm^{-1} by Yamada et al.⁴, $\text{H}_2\text{O+air}$ widths for 91 lines in the ν_2 band between 1801 and 2091 cm^{-1} by Chang and Shaw⁵, and tunable diode laser measurements by Eng and other collaborators⁶⁻⁹, and by Mucha¹⁰. In the first study, Eng et al.⁶ measured the completely overlapping rotational transitions, 16 0 16 - 15 1 15 and 16 1 16 - 15 0 15, at 1879.019 cm^{-1} and were the first to report measurements of collisional narrowing effects in water vapor with argon, xenon, and nitrogen as buffer gases. They⁶ observed line narrowing (and increased absorption) for foreign gas pressures below 250 Torr and normal pressure-broadening effects above a few hundred Torr. Grossmann and Browell¹¹ discussed these effects in detail and showed deviations resulting from line narrowing between measured profiles and the Voigt profile using tunable-dye laser

measurements of H_2O self-broadening in the $13,558$ - $13,966 \text{ cm}^{-1}$ region. They¹¹ applied a hard collision profile in their calculations and found that when the data were analyzed with a Voigt profile, the corrections ranged from +17% at $b_{\text{D}}/b_{\text{c}}=1.5$ down to +6% at $b_{\text{D}}/b_{\text{c}}=0.6$ where b_{D} and b_{c} are the Doppler and collision widths, respectively. Valentin et al.¹² reported N_2 -pressure-induced shifts of 109 lines between 1842 and 2212 cm^{-1} .

The measurements in the present study include a few lines that exhibit collisional narrowing effects, however the effects should be small since the foreign gas pressures ranged from about 250 Torr to 500 Torr for these lines. The pressure-broadened widths and pressure-induced line-shifts of over 1300 lines were measured covering transitions in the (000)-(000), (010)-(010), (010)-(000), (020)-(010), (100)-(010) and (001)-(010) bands of H_2^{16}O and the (000)-(000) and (010)-(000) bands of H_2^{18}O and H_2^{17}O .

2. EXPERIMENT

The experimental conditions of the laboratory spectra used in this work are summarized in Table 1 which gives the path, sample pressures, sample temperatures, broadening gas, and molecules used for frequency calibration. The data were recorded with a Fourier transform spectrometer (FTS) located in the McMath solar telescope facility at the Kitt Peak National Observatory. The spectral resolutions of the runs were near or at 0.0054 cm^{-1} . The sample pressures were measured with a Baratron gauge with a ten (H_2O sample) and 1000 (foreign gas) Torr pressure heads. The 1000 Torr

head was calibrated against room air pressure (~600 Torr) which was measured to high accuracy with a mercury manometer just before the calibration procedure. The filling of an absorption cell was performed as follows: the low pressure H₂O sample was entered into the cell and after a few minutes the pressure was measured and then the buffer gas was then let into the cell and the total pressure was measured. After 10 minutes or longer, the initial interferogram was started with total sample pressures continuously recorded during the run. The same procedure was followed for recording sample temperatures which were inferred from readings of one or more thermistor probes in thermal contact with the absorption cell walls.

The infrared radiation originating from a globar source passed initially through the absorption cell and then entered the vacuum tank which enclosed the FTS and finally was collected onto a helium-cooled arsenic-doped Silicon single element detector. Each FTS run consisted of 12 or more co-added interferograms and the composite interferograms were transferred into spectral data at the Kitt Peak facility.

The spectral runs obtained with path lengths of 25 m or longer listed in Table 1. were made with the use of a 6-m base length multiple pass transversal absorption cell. The optical path from the 6-m cell to the entrance of the vacuum tank contained a 2.39m long cell, which for several runs, contained N₂O at low pressure (0.2 Torr) for purposes of frequency calibration. The rest of the optical path (~5.1 m) before the vacuum tank entrance contained

several compartments which were purged with dry N₂. This setup greatly reduced interference from H₂O, CO₂, and CH₄ spectral absorptions due to room air in the "open" optical path. The runs obtained with room air in the 6-m cell showed pressure-broadened features due to CO₂ and CH₄, and to a lesser extent, N₂O. The low pressure N₂O lines observed in these runs were much stronger than their pressure-broadened counter-parts. As noted or inferred from the footnotes at the bottom of Table 1, very little or no detectable N₂O and CO₂ and no CH₄ pressure-broadened features were observed in the spectral data relating to the buffer gases, dry air and N₂, respectively.

The vacuum tank contained very low pressure (~200 μm) residue room air which contained enough H₂O and CO₂ so that the strongest absorptions of these molecules were observed in empty cell runs. The empty cell runs were made before and/or after a set of runs were obtained and were used as an added aid for frequency calibration with H₂¹⁶O lines ($S > 0.01 \text{ cm}^{-2}/\text{atm}$) of the (010)-(000) band and the strongest transitions of CO₂ of the ν_2 band below 700 and the ν_3 band above 2300 cm^{-1} . The H₂O pressure-broadened lines observed in the 6-m cell runs swamped the low pressure contributions to the extent that the narrow features could not be measured and this was also the case for the low pressure CO₂ lines involved in the 6-m cell runs with room air as the broadening gas. The empty cell runs are not listed in Table 1.

Two of the runs listed in Table 1 (denoted with an asterisk) show path lengths at 2.39 m with H₂¹⁸O as the absorbing gas. The

water vapor samples used for these runs were oxygen enriched at 98% O¹⁸ and the buffer gas was N₂. The experimental set-up for these runs had the source situated near one window of the cell with a pre-filter placed between the source and window in order to minimize heat exchange between source and cell contents. The other window was placed near the entrance to the vacuum tank. The strongest absorptions due to H₂¹⁶O in the vacuum tank were easily observed in the spectra and, for the most part, displaced from the pressure-broadened H₂¹⁸O lines.

The entries in Table 1 with path lengths of 0.25 m, 1.5m, and 1.75m represent data obtained with two stainless steel absorption cells (0.25m and 1.5m) that were placed in series and located between the source and vacuum tank entrance. All portions of the external path and the source enclosures were evacuated by using some newly-installed apparatus. The majority of the runs with absorption path lengths equal to 0.25m also included 0.04 Torr of CO in the 1.5 m cell and lines of the fundamental band of CO as well as the low-pressure H₂¹⁶O lines originating from the vacuum tank were used for frequency calibration whereas for the other short path length runs, only H₂¹⁶O was used as the calibration species.

3. SPECTRAL ANALYSIS

The parameters were retrieved from the spectra using a non-linear least-squares (NLLS) curve-fitting technique which modifies, if necessary, the input values of positions, strengths, and widths

in the computed spectrum to minimize the differences between the observed and computed spectra. The initial parameters (positions and strengths) of H₂O and HDO were generated from computed values of line positions and strengths for the following bands and isotopic species: the (000)-(000), (010)-(010) and (010)-(000) bands of H₂¹⁶O from Toth¹³, the (020)-(010), (100)-(010) and (001)-(010) bands of H₂¹⁶O from Toth¹⁴, the (000)-(000) and (010)-(000) bands of H₂¹⁷O and H₂¹⁸O from Toth¹⁵, and the (010)-(000) bands of HD¹⁶O and HD¹⁸O from Toth¹⁶. The (000)-(000) line strengths of H₂¹⁷O and H₂¹⁸O were derived from the parameters given for H₂¹⁶O¹³ and normalized to the concentration of the respective isotopic species. Line positions and strengths of the (020)-(010) band of HD¹⁶O were also included and the parameters used to generate the computed values were from unpublished results by this author.

Other inputs to the NLLS routine included self and foreign gas partial pressures and self- and foreign-broadened width coefficients. The non-adjusted self-broadened H₂O linewidth coefficients were taken from the listing of "smoothed" values given by Toth et al.¹ whereas the HDO self-broadened values were given a constant value of 0.4 cm⁻¹/atm. The HDO features were of minor concern in the fitting procedure and the HDO as well as the H₂O fitted results were adjusted in the NLLS program by the expression:

$$b = b_f^o p_f + b_s^o p_s , \quad (1)$$

where b is the measured width, b_f^o and b_s^o are the foreign and self-

broadened width coefficients, respectively, and p_f and p_s are the foreign and self-broadened partial pressures. The HDO results are not given here but will be included in an presentation of results derived from an analysis of HDO samples (~50% HDO) broadened by air and N_2 .

The experimental method of filling the absorption cell with H_2O and the buffer gas was described in the last section. In many cases, the H_2O partial pressure of a run derived from spectral analysis did not agree with the recorded H_2O pressure due to residue water vapor adsorbed into the cell walls before the foreign gas was entered which then removed some of the H_2O from the walls after the final filling. By this token, the partial pressures of H_2O given in Table 1 were derived from spectral analysis and not the recorded values from the pressure gauge and the buffer gas pressures given were the differences between the total pressure readings and the derived H_2O partial pressures. The transitions used in this procedure were of the (000)-(000) and (010)-(000) bands of $H_2^{16}O$ with the strength values from Toth¹³. As noted in Table 1, several runs were made at sample temperatures different from 296K and for these, the line strengths were computed at the same temperature, T, as the sample using the expression:

$$S(T) = S(296) (296/T)^{5/2} \exp\{-1.44E''(1/T - 1/296)\}, \quad (2)$$

where S is the line strength and E'' is the lower state rotational energy of the transition.

The N₂O parameters required for the input list for some of the runs were computed from line position and strength coefficients given by Toth^{17,18}. Parameters for CO, CH₄, and CO₂ were taken from the HITRAN¹⁹ database. The HITRAN¹⁹ listing contains air-broadened linewidth coefficients for H₂O and HDO however no lineshift information is given. For this work, the parameters noted were used as inputs to the NLLS for a few of the air-broadened runs and the resulting outputs were averaged. The linewidth and lineshift data obtained from this preliminary analysis was then used as inputs from which the final air-broadened results were derived. The input linelist for the N₂-broadened spectra included linewidth coefficients set equal to 1.1 times the preliminary air-broadened values for each transition whereas the shifted positions were the same as those used in the preliminary list.

As noted earlier, a small amount residual water vapor was found in the vacuum tank which enclosed the FTS and these narrow, extra features were observed in the short path length spectra superimposed upon the pressure-broadened counterpart. They were effectively modeled for these runs in the NLLS program by inputting two components for each H₂O transition. The narrow H₂O features were present in all of the spectra but were not readily observable in the long path spectra because they were swamped by the pressure-broadened counterparts or they were too weak in absorption to appear. The minimum line strength of a H₂O narrow absorption that was observed in the empty cell runs was about 10⁻² cm⁻²/atm which happened to be about the same minimum strength of air-broadened H₂O

lines resulting from room air in the open space, optical path between the exit of the 6-m cell and the entrance to the vacuum tank. In any case, the long-path runs were modeled in the NLLS program by inputting three components for each H₂O transition although the narrow and the open space room air components were of little or no consequence in the analysis and in many situations, were removed after one or two iterations of the NLLS program.

The majority of the pressure broadened lines observed in all the spectra exhibited Lorentzian or Voigt profiles which were accurately simulated in the NLLS program. In a few cases, narrow, pressure broadened absorptions showed effects due to collisional narrowing which was first observed in H₂O foreign broadening by Eng et al.⁶. Two such cases are shown in Figures 1 and 2. Fig. 1 shows the completely overlapping doublets, 15 0 15 ← 14 1 14 and 15 1 15 ← 14 0 14 located at 1864.055 cm⁻¹ with an observed linewidth coefficient, (HWHM) b° = 0.0086 cm⁻¹/atm. for air-broadening. Above the spectral scan of the observed and overlaid synthetic spectra (Voigt profile) is a residual plot which gives the percent differences between the observed and computed spectra. Inspection of the figure shows that the Voigt profile does not completely simulate the observed absorption of the strongest feature by noting in the residual plot the two spikes located on both sides and near the center of the feature. The result of this effect is small for these transitions shown in the figure (less than 1%) as was the case for other collision narrowed lines observed in this study. Fig. 2 shows similar plots involving the

N_2 -broadened doublets, $16\ 1\ 16 \leftarrow 15\ 0\ 15$ and $16\ 0\ 16 \leftarrow 15\ 1\ 15$, located at 1879.019 cm^{-1} with observed $b^\circ = 0.0068\text{ cm}^{-1}/\text{atm}$. This feature shows the effect of collisional narrowing by the two spikes shown in the residual plot above the absorption whereas the synthetic spectra of the three other lines in the figure are each in good agreement with their respective observed counterparts. In general, collisional narrowing occurs in this spectral region for air- or N_2 broadening of lines whose widths (HWHM) are on the order of $0.008\text{ cm}^{-1}/\text{atm}$. or smaller and this pertains to high J , and low K_a transitions.

Another phenomena observed in the data was the effect due to line-mixing. L. Brown observed this effect in H_2O broadened by H_2 , but did not report this in a paper by Brown and Playmate²⁰ which presented linewidth results. The effect involved two pairs of transitions: one set is $3\ 0\ 3 \leftarrow 2\ 1\ 2$ and $2\ 1\ 2 \leftarrow 1\ 0\ 1$ located at 1652.40 and 1653.27 cm^{-1} , respectively, and the other set is $1\ 0\ 1 \leftarrow 2\ 1\ 2$ and $2\ 1\ 2 \leftarrow 3\ 0\ 3$ located at 1539.0 and 1540.30 cm^{-1} , respectively. The effect causes the absorption between the sets of lines near the minimum (trough) to be lower than computed using a Lorentz or Voigt profile. For $H_2O + H_2$, the laboratory spectra showed these regions to have differences of about 1% between observed and computed spectra for the line center peak absorptions near saturation. However, the effect of line-mixing in these two sets was found to be about 3 times less in either air- or N_2 -broadened H_2O and corrections to the synthetic spectra were not necessary in the analysis of the present spectra.

4. RESULTS

In a recent paper by Toth¹³, measured and computed line positions and strengths were determined but not listed for the (000)-(000) and (010)-(000) bands of H₂¹⁶O. It was stated in that paper that they would be presented in the present study. Table 2 is a listing of those values for the (010)-(000) band which includes results for width (HWHM) and pressure induced frequency shift coefficients, b° and d°, respectively. The table gives the computed "zero" pressure line position and uncertainty, un, in the position, the rotational quantum assignments, observed strength, estimated uncertainty in the strength in percent, %s, the observed minus computed strength in percent, (o-c)%, and the linewidth and shift information. The computed positions were calculated from the rotational energy levels given in ref.(13) and the values of un were determined from the uncertainties for the energy level values given in the paper. The linewidth data list air-broadened smoothed, b°(sm) and observed, b°(obs.) and N₂-broadened observed coefficients, respectively, and the same type of results are given for the pressure-induced frequency shifts, d°.

The smoothed values of linewidth and shift coefficients, b°(sm), and d°(sm), were derived from the experimental values from plots of "families" of rotational transitions. Within a "family" of transitions, the rotational quantum numbers obey the following rules: ΔK_a and K_a" are the same and γ' is 0 or 1 and γ"=0 where

$$\gamma = K_a + K_c - J \quad (3)$$

where prime and double prime denote upper and lower states, respectively. An example of the smoothed values of b° is shown in Fig. 3 which shows the $b^\circ(\text{sm})$ for air-broadening of two sets of similar families: one for R-branch transitions, $\Delta K_a = 1$ and $\gamma''=0$, and the other are related families of P-branch transitions, $\Delta K_a = -1$ and $\gamma'=0$. The plots given in Fig. 3 are given in terms of $|M|$ which is J' for R-branch transitions and J'' for P-branch transitions. The two sets of plots displayed in Fig. 3 also illustrate the width behavior for transition pairs with their rotational quanta reversed (rotational reversal). For example, for a given value of $|M|$, and for the family $K_a''=0$ (R-branch) and the related family $K_a'=0$ (P-branch), the values of $b^\circ(\text{sm})$ are equal or nearly equal and this behavior is predicted by theory.

The pressure-induced frequency shifts were derived from the NLLS results and an expression similar to eq. (1),

$$d = d_f^\circ p_f + d_s^\circ p_s, \quad (4)$$

where d is the difference between the measured and computed (zero pressure) line center frequency and d_f° and d_s° are the foreign and self shift coefficients, respectively. The self-broadened H_2O coefficients given in ref. (1) were used along with the experimental d 's and eq. (4) to obtain the d_f° 's that are listed in Table 2. On the average, the contribution of $d_s^\circ p_s$ for determining d_f° was small which was a satisfactory finding because it is not known from theory that eq. (4) is valid in terms of the sum of the

two parts resulting in the value for d . Theory may show that d comes from a complicated combination of the two. The pressure shift coefficients, d° , given in Table 2 do not have nearly the smooth behavior as that of the width coefficients in terms of the quantum numbers. The smoothed values assigned to $d^\circ(\text{sm})$ in the table for air-broadening are, in most cases, equal to the observed values. Also pairs involving the same quantum numbers (rotational reversal) often have shifts that are opposite in sign. This is displayed in Fig. 4 for the pairs: $\Delta K_a = 1$, $K_a'' = 0$ (R-branch), and $\Delta K_a = -1$, $K_a' = 0$ (P-branch), which shows one family to be nearly a mirror image of the other family and this behavior in d° was also found in H_2O self-broadening¹ for these transitions.

Values denoted with an asterisk, *, in Table 2 represent doubled transitions in which the strength given is the sum of the strengths of the two lines and the rotational quantum numbers pertain to the stronger of the two comparable transitions. In many cases, the two absorptions are nearly or completely overlapped. In some, the two lines are separated by up to 0.004 cm^{-1} however the estimated uncertainties assigned to them (given within parentheses after the observed values of b° and d°) should be realistic due to the accurate simulation of the observed spectra using the NLLS program.

Table 3 lists the results for the (000)-(000) band of $H_2^{16}\text{O}$ and is similar in format to that of Table 2. Table 4 gives results for N_2 -broadening of $H_2^{18}\text{O}$ and compares with those of the same transitions in $H_2^{16}\text{O}$ for the (010)-(000) bands (band=2 in the

table). The $H_2^{18}O$ values were mainly derived from the two spectra with enriched O^{18} H_2O samples listed in Table 1. The $H_2^{18}O$ computed positions given in Table 4 were calculated from the energy levels given in ref. (15). Note that the values of d° are given in $\text{cm}^{-1}/\text{atm.} \times 10^5$ whereas those given for d° in Tables 2 and 3 are given in the same units $\times 10^4$. The reason for the "shortened" values in the earlier tables was for simpler viewing however computer output (available upon request) from these tables will be given with the complete values of d° . Inspection of Table 4 reveals that, on the average, there is good agreement between the isotopic species for the values of b° and d° which is an assumption made in the HITRAN compilation¹⁹ for $b^\circ(\text{air})$. Table 5 lists the measured air-broadened parameters for the $H_2^{16}O$ "hot" bands, (020)-(010) (band=3), and (100)-(010) (band=4). Also given in the table are the smoothed air-broadened values of b° and d° for the (010)-(000) band of $H_2^{16}O$. To demonstrate the behavior of the parameters between the two "hot" bands as well as the smoothed values, the measurements are given in terms of transitions rather than increasing frequency. The measurements in the (100)-(000) band are sparse but even with few comparisons, one can tell from inspection of Table 5 that the largest differences in d° between the "hot" band results and the ground state values involve the (100)-(000) band.

In most cases, the observed pressure-broadened widths have the same coefficient value for rotational reversal, however, several transitions were found not to follow this trend as illustrated in Table 6. The table gives rotational quantum

numbers, the observed values and uncertainties of b° for pairs of transitions for air-and N_2 -broadening along with differences between the widths which also includes the uncertainties in the differences as computed from the relation,

$$un(\text{diff.}) = \sqrt{un(1)^2 + un(2)^2}, \quad (5)$$

where $un(1)$ and $un(2)$ are the uncertainties in b° for the pair of transitions. The criterium for selecting an entry for Table 6 was that the magnitude of the difference exceeds $un(\text{diff.})$ by at least a factor of 1.5. The first three rotational quantum numbers given in the table represent the upper state for the type of transitions: R-branch or Q^+ -branch where Q^+ denotes $\Delta K_a = +1, +3, \dots$, etc. The last three rotational quantum numbers represent the upper state for P-branch or Q^- -branch transitions where $\Delta K_a = -1, -3, \dots$, etc for Q^- . Inspection of the table shows, where comparisons can be made, that although the magnitude of the difference between air- and N_2 -broadened b° are not equal for a given pair of transitions, the sign is the same. A comparable table was given in the report on self-broadening¹ and those results showed a similar trend in the values of the differences as compared to the present values.

5. COMPARISON WITH OTHER STUDIES

Rinsland et al.² measured 63 lines in the $800-1150 \text{ cm}^{-1}$ region and obtained line strengths and air-broadened linewidths from atmospheric data at the McMath facility. The path lengths ranged from 0.5 km to 1.5 km over horizontal paths. Table 7 lists their

values along with those of this study for these transitions. Line positions denoted with an asterisk represent transitions in the (010)-(000) band while the others are for the (000)-(000) band. Inspection of the table shows very good agreement between the two sets of data. They² determined the H₂O partial pressures for each run from temperature and humidity readings and converted their results to values at 296K. They also corrected their linewidth values for the effects of self-broadening by assuming the ratio of the self- to air-broadened widths was 4.84 for all the lines and used an expression derived from eq. (1) to obtain their final values of b°(air).

Yamada et al.⁴ measured the air-broadened parameters of 271 lines of the (010)-(000) band of H₂¹⁶O from 1211-2091 cm⁻¹ with a FTS at a resolution of 0.0039 cm⁻¹. They obtained a co-added interferogram of over 300 scans with an absorption path length of 3-m. The sample contained a high partial pressure of H₂O which they estimated to be about 20 mbar. Their results were not corrected for the effects of self-broadening and they stated that the broadening coefficients, b°, may be about 10% too large. A comparison of their results with the values from the present study show, for several transitions, sizable differences in b° for coefficients below 0.041 cm⁻¹/atm. and these parameters are presented in Table 8. The table lists the computed frequencies, rotational quantum assignments, smoothed and observed values of b° from this work, b° from their study followed by their values corrected for self-broadening using self-broadening coefficients

from Toth et al.¹. The last two entries list shift coefficients, d° , from this work and their study. Their⁴ values were converted from $\text{cm}^{-1}/\text{bar}$ to $\text{cm}^{-1}/\text{atm}$. in the table by multiplying their values by 1.013. On the average, the agreement is not good between the two studies for b° for the narrower transitions that are given in the table even with corrections to their b° and this is puzzling since there is very good agreement between this work and that of Rinsland et al.² for all compared lines which include 13 transitions with $b^\circ \leq 0.041 \text{cm}^{-1}/\text{atm}$. However, there is satisfactory agreement for the shift coefficients. In fact the relation,

$$|d^\circ(\text{this work}) - d^\circ(\text{Yamada et al.})| \leq \sqrt{\Delta d^\circ(\text{this work})^2 + \Delta d^\circ(\text{Yamada})^2} \quad (6)$$

holds for almost 50% of the 265 out of 271 lines that were compared. Δd° is the uncertainty in d° and given in Table 8 within parentheses after the values of d° .

Valentin et al.¹² obtained the N_2 -broadening shift coefficients, d° , for 108 lines between 1842 and 1967 cm^{-1} from measurements of three different spectra using a FTS with spectral resolution of 0.005 cm^{-1} . Their results are listed along with those from this work in Table 9. A close inspection of the listing shows poor agreement , on the average, between the two studies in which the relationship given in eq. (6) is valid for only 22% of the compared values of d° .

Table 10 compares the results from studies using tunable diode lasers with those of this study for air- and N_2 -broadening

coefficients, b° . The values given for line positions less than 1070 cm^{-1} are from Eng and Mantz⁹, and for lines located between 1662 and 1669 cm^{-1} are from Mucha¹⁰, and the remainder of the entries were taken from the work of Eng et al.⁷. The overall comparison of the data given in the table is satisfactory. The narrowest lines given show that $b^\circ < 0.01 \text{ cm}^{-1}/\text{atm}$. (1879.0194 , 1932.8027 and $1879.8409 \text{ cm}^{-1}$) from this work and also from Eng et al.⁷ whereas none of the measurements given by Yamada et al.⁴ for b° were less than $0.01 \text{ cm}^{-1}/\text{atm}$.

6. DISCUSSION

Almost 1300 linewidths (HWHM) and pressure-induced line-shifts of H_2O broadened by air and N_2 were accurately determined from spectral data with absorption path lengths ranging from 25 cm to 433 m . The experimental data included gas samples of H_2^{18}O broadened by N_2 and the results were similar (for a given rotational transition) to the values obtained with normal water samples broadened by N_2 . The measurements were corrected for the effects of self-broadening using the linewidth and frequency-shift results of Toth et al.¹. The linewidth data were grouped into "family" of rotational quantum numbers which revealed trends that were plotted and smoothed values were derived from the air-broadened data. The same procedure was followed for the line-shift data however the plots showed large variations which were also graphed to obtain smoothed values for air-broadening. The results obtained in this study were compared to those of other relevant investigations^{2,4,7,9,10}.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to thank the Kitt Peak National Observatory for the use of the FTS and C. Plymate for assistance in obtaining the H₂O spectra. The research described in this paper was performed at the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, under contract with The National Aeronautics and Space Administration.

REFERENCES

1. R. A. Toth, L. R. Brown and C. Plymate, JQSRT 59, 529-562 (1998).
2. C. P. Rinsland, A. Goldman, M. A. Smith, and V. M. Devi, Appl. Opt. 30, 1427-1438 (1991).
3. T. Giesen, R. Schieder, G. Winnewisser, and K. M. T. Yamada, J. Mol. Spectros. 153, 376-384 (1992).
4. K. M. T. Yamada, M. Harter, and T. Giesen, J. Mol. Spectros. 157, 84-94 (1993).
5. Y. S. Chang and J. H. Shaw, J. Mol. Spectrosc. 18, 491-499 (1977).
6. R. S. Eng, A. R. Calawa, T. C. Harman, and P. L. Kelley, Appl. Phys. Lett. 21, 303-305 (1972).
7. R. S. Eng, P. L. Kelley, A. Mooradin, A. R. Calawa, and T. C. Harman, Chem. Phys. Lett. 19, 524-528 (1973).
8. R. S. Eng, P. L. Kelley, A. R. Calawa, T. C. Harman, and K. W. Nill, Mol. Phys. 28, 654-664 (1974).
9. R. S. Eng and A. W. Mantz, J. Mol. Spectrosc. 74, 388-399 (1979).
10. J. A. Mucha, Appl. Spectros. 36, 141-147 (1982).
11. B. E. Grossmann and E. V. Browell, J. Mol. Spectros. 136, 264-294 (1989).
12. A. Valentin, F. Rachet, A. D. Bykov, N. N. Lavrentieva, V. N. Saveliev, and L. N. Sinitsa, J. Q. S. R. T. 59, 165-170 (1998).
13. R. A. Toth, J. Mol. Spectrosc. (in press)
14. R. A. Toth, J. Mol. Spectrosc. (in preparation)

15. R. A. Toth, J. Opt. Soc Am. B 9, 462-482 (1992).
16. R. A. Toth, J. Mol. Spectrosc. 162, 20-40 (1993).
17. R. A. Toth, Appl. Opt. 30, 5289-5315 (1991).
18. R. A. Toth, Appl. Opt. 32, 7326-7365 (1993).
19. L. S. Rothman, R. R. Gamache, R. H. Tipping C. P. Rinsland, M. A. H. Smith, D. C. Benner, V. M. Devi, J.-M. Flaud, C. Camy-Peyret, A. Perrin, A. Goldman, S. T. Massie, L. R. Brown, and R. A. Toth, J. Q. S. R. T. 48, 469-507 (1993).
20. L. R. Brown and C. Plymate, J. Q. S. R. T. 56, 263-282 (1996).

FIGURE CAPTIONS

FIG. 1. Unapodized observed and synthetic spectra of H_2O broadened by air at a resolution of 0.005 cm^{-1} covering the completely overlapped doublets located at 1864.055 cm^{-1} . The absorption path length was 73 m. The observed spectrum was overlaid with the respective synthetic spectrum, and the residual plot, shown in the upper portion gives the percent differences between the observed and synthetic spectra. The synthetic spectra was derived using a Voigt-Lorentz line profile function which does not completely simulate the strong observed feature by noting, in the residual plot, the two spikes located near and on both sides of the center of the line. The effect is small (less than 1%) and is due to collisional narrowing. The derived linewidth (HWHM) of the absorption was $b^\circ = 0.0086 \text{ cm}^{-1}/\text{atm}$.

Fig. 2. Unapodized and synthetic spectra of H_2O broadened by N_2 with an absorption path of 73 m. The collisional narrowed feature is located at 1879.019 cm^{-1} and is the H_2^{16}O doublet $16\ 1\ 16 \sim 15\ 0\ 15$ and $16\ 0\ 16 \sim 15\ 1\ 15$ with an observed linewidth (HWHM) of $b^\circ = 0.0068 \text{ cm}^{-1}/\text{atm}$. Note that the other observed absorptions show in the figure are well simulated by the synthetic spectrum.

Fig 3. The air-broadened width coefficients, b° , (HWHM) of H_2O for two sets of "families" (see text) of rotational transitions. The smoothed values are given in terms of $|M|$ where $M=J'$ for R-branch transitions ($\Delta K_a=1, \gamma''=0$) and $M=-J''$ for P-branch transitions ($\Delta K_a=-1, \gamma'=0$). Note the similarities between R-branch and P-branch curves with $K_a''(R)=K_a'(P)$ which illustrates the linewidth behavior

for rotational reversal (see text).

Fig. 4. Pressure induced frequency-shift coefficients of air-broadened H₂O as a function of |M|. The two curves (smoothed values) represent the "families" of rotational transitions: $\Delta K_a = 1$, $K_a'' = 0$ for the R-branch and $\Delta K_a = -1$, $K_a' = 0$ for the P-branch.

Table 1. Experimental Conditions

Path (m)		Sample pressures (Torr)	Temp. (K)	Broadening gas	Freq. Calib. ^a
	H ₂ ¹⁶ O	Broadener			
73	1.05	249.0	296	room air	N ₂ O
193	1.00	249.0	296	room air	N ₂ O
433	0.934	249.1	296	room air	N ₂ O
25	2.46	497.5	296	room air	N ₂ O
73	2.23	497.8	296	room air	N ₂ O
193	2.16	497.8	296	room air	N ₂ O
433	2.16	497.9	296	room air	N ₂ O
2.39	1.44*	305.9	296	N ₂	H ₂ ¹⁶ O
2.39	1.92*	501.9	296	N ₂	H ₂ ¹⁶ O
73	2.82	396.7	296	dry air	CO ₂
193	2.99	396.3	296	dry air	CO ₂
433	2.98	396.3	296	dry air	CO ₂
433	3.02	399.0	296	N ₂	CO ₂
193	3.20	398.8	296	N ₂	CO ₂
73	3.28	398.7	296	N ₂	CO ₂
25	3.42	398.6	296	N ₂	CO ₂ , N ₂ O
1.5	2.41	252.6	301	N ₂	H ₂ ¹⁶ O, CO
1.5	2.42	349.3	301	N ₂	H ₂ ¹⁶ O, CO
1.5	2.46	448.1	301	N ₂	H ₂ ¹⁶ O, CO
1.5	2.49	548.5	301	N ₂	H ₂ ¹⁶ O, CO
1.75	0.60	100.0	295	dry air	H ₂ ¹⁶ O
1.75	0.60	150.0	295	dry air	H ₂ ¹⁶ O
1.75	0.60	200.0	295	dry air	H ₂ ¹⁶ O
1.5	2.40	252.0	301	dry air	H ₂ ¹⁶ O, CO
1.5	2.43	347.6	301	dry air	H ₂ ¹⁶ O, CO
1.5	2.49	447.7	301	dry air	H ₂ ¹⁶ O, CO
1.5	2.52	568.1	301	dry air	H ₂ ¹⁶ O, CO
0.25	1.30	74.6	295	dry air	H ₂ ¹⁶ O
0.25	1.30	99.8	295	dry air	H ₂ ¹⁶ O
0.25	1.30	149.5	295	dry air	H ₂ ¹⁶ O
0.25	1.30	199.5	295	dry air	H ₂ ¹⁶ O
0.25	2.80	247.9	301	N ₂	H ₂ ¹⁶ O
0.25	2.78	352.1	301	N ₂	H ₂ ¹⁶ O
0.25	2.82	454.5	301	N ₂	H ₂ ¹⁶ O
0.25	2.84	547.8	301	N ₂	H ₂ ¹⁶ O
0.25	2.70	275.2	301	dry air	H ₂ ¹⁶ O
0.25	2.75	349.7	301	dry air	H ₂ ¹⁶ O
0.25	2.80	468.7	301	dry air	H ₂ ¹⁶ O
0.25	2.83	546.6	301	dry air	H ₂ ¹⁶ O

(a). Low pressure absorptions of the molecule(s) listed of which the line center frequencies were accurately measured in the spectra and used for frequency calibration.

* the water vapor sample was 98% H₂¹⁸O.

The dry air samples contained about 0.08ppm N₂O and 0.8ppm CO₂ and no detectable CH₄ as determined from the long path length spectra.

The N₂ samples contained no detectable N₂O, CO₂ and CH₄ as determined from the long path length spectra.

Table 2. Line positions, strengths, air and N₂-broadened width coefficients, (HWHM) b°, and pressure-induced frequency shift coefficients, d°, for the (010)-(000) band of H₂¹⁶O. b° and d° in cm⁻¹/atm. × 10⁴ at 296 K.

computed position	un	upper		lower		observed strength	ts	(o-c)ts	air		N ₂		air		N ₂	
		J	K _a	K _c	J	K _a	K _c		b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(sm)	d°(obs.)	d°(obs.)		
783.21092	5	14	1	14	15	2	13	1.76E-06	15	18.5	310.			-48.		
793.56402	2	9	0	9	10	5	6	6.66E-07	15	-19.8	731.			-57.		
806.13143	5	10	1	10	11	4	7	1.36E-06	10	9.8	841.			-38.		
813.10689	5	9	1	8	10	6	5	7.93E-07	15	2.7	678.			-95.		
835.72747	10	11	2	10	12	5	7	3.89E-07	15	-35.4	761.			-112.		
836.00866	7	12	3	10	13	6	7	5.73E-07	15	.0	620.			-20.		
839.64263	4	13	0	13	14	3	12	7.06E-06	4	1.8	316.			-38.		
840.24825	5	13	1	13	14	2	12	2.45E-06	5	5.2	340.			-31.		
855.88123	10	14	1	13	15	4	12	4.77E-07	15	5.3	262.			-49.		
859.10857	2	8	1	7	9	6	4	5.80E-07	15	11.5	722.			-32.	-106.(106.)	-33.(33.)
859.65316	3	14	2	13	15	3	12	1.37E-06	10	-2.4	292.			-22.	-28.(43.)	-34.(61.)
862.48247	2	8	0	8	9	5	5	8.26E-07	15	-20.8	747.			31.		
885.76786	7	11	3	9	12	6	6	9.37E-07	15	1.7	588.					
886.76215	5	9	5	4	10	8	3	6.79E-07	15	-15.5	636.					
895.92260	3	9	1	9	10	4	6	3.74E-06	9	10.3	861.					
896.50482	3	12	0	12	13	3	11	1.00E-05	3	-.2	353.	357.(71.)	533.(107.)			
897.69402	5	12	1	12	13	2	11	3.01E-05	2	-1.0	377.	380.(20.)	500.(135.)			
898.11875	4	7	1	6	8	6	3	2.05E-06	10	8.2	770.			43.		
902.64083	5	10	4	7	11	7	4	2.20E-06	15	-14.9	570.					
905.43303	5	10	2	9	11	5	6	1.13E-05	10	4.8	745.			-107.		
908.02542	4	13	1	12	14	4	11	6.56E-06	4	-5.1	320.			-106.		
909.82782	2	8	5	4	9	8	1	8.97E-07	15	-12.5	593.					
914.78681	3	13	2	12	14	3	11	2.35E-06	10	-3.8	370.					
923.07073	7	11	4	7	12	7	6	1.10E-06	15	-30.4	670.					
925.47613	3	7	0	7	8	5	4	9.08E-06	8	10.4	802.					
928.68002	5	10	3	8	11	6	5	1.00E-05	4	1.1	585.			0.		
928.95434	5	9	4	6	10	7	3	1.45E-06	12	-20.3	600.					
931.92495	5	10	4	6	11	7	5	1.11E-06	15	2.6	710.					
935.12425	5	7	5	2	8	8	1	7.36E-07	15	-2.7	611.					
940.23063	5	14	3	12	15	4	11	1.40E-06	12	21.4	430.			-37.		
944.42106	5	9	4	5	10	7	4	5.95E-06	3	-1.1	727.					
953.36743	3	11	0	11	12	3	10	1.19E-04	1	0	402.	406.(23.)	459.(17.)	-46.	-46.(5.)	-60.(6.)
954.10951	2	8	4	5	9	7	2	8.70E-06	5	1.0	652.					
955.68697	6	11	1	11	12	2	10	4.01E-05	3	-.8	423.	402.(33.)	482.(8.)	1.	1.(8.)	11.(33.)
958.84364	5	13	2	11	14	5	10	4.40E-06	5	-3.7	376.			0.		
959.85584	7	12	1	11	13	4	10	1.09E-05	3	2.6	377.			-127.		
965.88818	5	9	2	8	10	5	5	1.73E-05	3	6.0	722.			-100.		
965.96889	5	9	3	7	10	6	4	9.30E-06	3	4.5	610.			0.		
967.97521	6	13	3	10	14	6	9	1.77E-06	15	10.7	590.			-57.		
971.65609	3	12	2	11	13	3	10	3.50E-05	2	-1.0	477.			50.		
977.43147	1	8	1	8	9	4	5	6.50E-05	2	2.2	780.	784.(78.)	866.(5.)	-29.	-29.(14.)	-32.(47.)
978.81725	2	7	4	4	8	7	1	3.10E-06	10	-8.1	680.					
981.44909	2	7	4	3	8	7	2	1.00E-05	4	-2.2	670.					
982.13385	2	6	0	6	7	5	3	4.75E-06	2	-1.9	868.					
990.44372	4	12	3	9	13	6	8	1.50E-06	12	-18.6	712.			-46.		
998.80957	3	8	3	6	9	6	3	5.42E-05	3	-4.	643.	637.(22.)	731.(27.)	-34.	-34.(4.)	-20.(23.)
998.88654	7	13	3	11	14	4	10	2.10E-06	3	-7.5	470.			-21.		
1001.13687	7	12	2	10	13	5	9	6.63E-06	3	-2.5	445.			-94.		
1003.56726	3	6	4	3	7	7	0	7.00E-06	5	3.1	630.					
1004.35130	2	6	4	2	7	7	1	2.15E-06	5	-4.9	640.					
1007.23918	3	11	3	8	12	6	7	1.46E-05	5	-.2	733.			-32.		
1010.02820	5	10	0	10	11	3	9	1.41E-04	2	-1.4	460.	462.(11.)	532.(7.)	-64.	-64.(4.)	-68.(4.)
1010.81330	2	11	1	10	12	4	9	1.31E-04	2	-1.1	425.	425.(7.)	495.(15.)	-147.	-147.(3.)	-160.(8.)
1014.47521	4	10	1	10	11	2	9	4.33E-04	2	-2.8	505.	502.(10.)	562.(11.)	26.	26.(4.)	21.(5.)
1017.86846	2	8	2	7	9	5	4	1.52E-04	3	-2.4	695.	699.(17.)	798.(15.)	-80.	-80.(13.)	-107.(22.)
1019.62735	4	12	1	12	12	4	9	6.04E-07	15	46.9	730.			-80.		
1019.66119	5	10	3	7	11	6	6	1.02E-05	7	-3.2	702.			-12.		
1028.31254	3	7	3	5	8	6	2	2.80E-05	2	1.7	678.			-20.		
1029.69739	5	9	3	6	10	6	5	5.65E-05	1	.6	780.	786.(2.)	820.(90.)	12.	12.(21.)	51.(21.)
1030.54454	2	11	2	10	12	3	9	5.25E-05	2	-9.	570.	648.(14.)	666.(67.)	1.	1.(13.)	-27.(14.)
1032.16778	3	5	0	5	6	5	2	1.54E-05	3	3.5	908.					
1034.98546	2	9	0	9	9	5	4	5.51E-07	15	-7.4	683.					
1035.45110	8	14	4	11	15	5	10	1.10E-06	12	-5.7	560.			-146.		
1039.48271	4	11	2	9	12	5	8	7.62E-05	1	-.4	555.	599.(60.)	670.(67.)	-205.	-205.(103.)	-267.(134.)
1039.54413	5	8	3	5	9	6	4	2.81E-05	2	1.2	760.			8.		
1049.31430	3	7	1	7	8	4	4	9.38E-05	1	.1	870.	885.(68.)	962.(14.)	44.	44.(6.)	66.(1.)
1051.26383	2	7	3	4	8	6	3	1.00E-04	3	-1.8	751.	769.(131.)	801.(43.)	-24.	-24.(16.)	-30.(37.)
1055.51771	2	6	3	4	7	6	1	8.68E-05	2	-.6	708.	695.(36.)	773.(3.)	-6.	-6.(7.)	6.(16.)
1058.63070	7	12	3	10	13	4	9	3.77E-05	2	-3.3	560.	534.(53.)	629.(80.)	-5.	-5.(10.)	18.(76.)
1060.11640	3	10	1	9	11	4	8	1.59E-04	2	-2.4	530.	529.(10.)	614.(5.)	-162.	-162.(8.)	-188.(11.)
1062.62835	3	7	2	6	8	5	3	1.16E-04	1	-.4	705.	693.(36.)	800.(35.)	-86.	-86.(11.)	-86.(5.)
1066.15458	2	9	0	9	10	3	8	1.42E-03	3	1.0	542.	543.(9.)	605.(13.)	-72.	-72.(4.)	-80.(1.)
1066.39980	3	6	3	3	7	6	2	3.24E-05	1	2.0	785.	730.(70.)	759.(45.)	-9.	-9.(59.)	52.(41.)
1072.61352	7	10	2	8	11	5	7	7.57E-05	5	-1.4	670.	669.(50.)	879.(43.)	-120.	-120.(48.)	-125.(0.)
1074.40703	2	9	1	9	10	2	8	4.92E-04	2	-2.2	600.	585.(15.)	663.(22.)	25.	25.(5.)	38.(6.)

Table 2. continued

computed position	un	upper				lower				observed strength	air		N ₂		air		N ₂	
		J	K _a	K _c		J	K _a	K _c			t _s	(o-c) [‡]	b ⁰ (sm)	b ⁰ (obs.)	b ⁰ (obs.)	d ⁰ (sm)	d ⁰ (obs.)	d ⁰ (obs.)
1081.34935	3	5	3	3	6	6	0		1.70E-05	8	-3.1	730.				-95.		
1085.43634	2	5	3	2	6	6	1		5.30E-05	4	-2.2	810.	809.(81.)	982.(43.)	-130.	-130.(65.)	-114.(26.)	
1091.20494	3	10	2	9	11	3	8		6.80E-04	2	.8	620.	625.(13.)	715.(9.)	35.	35.(8.)	31.(3.)	
1099.67926	3	9	2	7	10	5	6		5.30E-04	3	-.3	762.	761.(13.)	877.(9.)	-130.	-130.(3.)	-149.(1.)	
1101.45060	4	6	2	5	7	5	2		5.38E-04	2	-1.5	718.	715.(21.)	829.(5.)	-60.	-60.(5.)	-71.(5.)	
1106.74393	3	9	1	8	10	4	7		1.56E-03	2	-.1	620.	616.(9.)	710.(9.)	-175.	-175.(4.)	-202.(5.)	
1111.00660	3	12	2	11	12	5	8		1.11E-06	15	-9.7	515.			-148.			
1111.51619	3	6	1	6	7	4	3		8.33E-04	2	-.4	842.	846.(31.)	922.(15.)	-60.	-60.(13.)	-65.(6.)	
1117.61695	5	11	3	9	12	4	8		7.76E-05	10	8.3	710.	782.(78.)	839.(3.)	40.	40.(20.)	40.(10.)	
1120.80744	3	7	0	7	7	5	2		4.30E-06	15	-21.5							
1120.83213	4	8	2	6	9	5	5		3.01E-04	2	-1.7	799.	802.(13.)	925.(15.)	-86.	-86.(9.)	-109.(8.)	
1121.23200	2	8	0	8	9	3	7		1.36E-03	1	-2.0	620.	618.(15.)	713.(26.)	-85.	-85.(4.)	-97.(5.)	
1123.80363	3	10	1	10	10	4	7		1.50E-05	15	13.3	747.			-76.			
1135.52000	1	5	2	4	6	5	1		1.83E-04	2	-2.3	715.	720.(30.)	840.(60.)	-50.	-50.(12.)	-46.(19.)	
1135.74531	1	8	1	8	9	2	7		4.76E-03	2	-.4	710.	705.(15.)	788.(38.)	16.	16.(4.)	19.(3.)	
1137.42577	2	7	2	5	8	5	4		1.17E-03	2	-1.7	777.	762.(16.)	861.(21.)	-30.	-30.(3.)	-25.(3.)	
1141.54448	6	12	4	9	13	5	8		5.66E-05	3	.9	715.	690.(69.)	852.(2.)	-146.	-152.(76.)	-156.(0.)	
1149.46917	2	8	1	7	9	4	6		1.37E-03	1	-.7	718.	713.(12.)	818.(18.)	-141.	-141.(7.)	-160.(4.)	
1151.00740	12	13	5	9	14	6	8		3.52E-06	4	4.3	517.			-116.			
1151.54395	2	6	2	4	7	5	3		3.84E-04	2	-1.8	830.	835.(21.)	937.(10.)	-10.	-10.(4.)	10.(6.)	
1152.44411	4	9	2	8	10	3	7		9.22E-04	2	.5	716.	716.(4.)	800.(23.)	-19.	-19.(3.)	-27.(2.)	
1153.14785	2	6	0	6	6	5	1		2.31E-06	5	-.2	710.						
1158.62353	7	12	3	10	12	6	7		1.12E-06	6	-1.5	400.						
1165.04886	3	5	1	5	6	4	2		5.31E-04	2	-1.0	847.	836.(27.)	946.(8.)	-57.	-57.(5.)	-66.(2.)	
1165.36993	3	5	2	3	6	5	2		8.52E-04	2	-.1	852.	845.(13.)	962.(16.)	-31.	-31.(4.)	-30.(10.)	
1165.58626	3	11	4	8	11	7	5		4.31E-07	15	36.4							
1165.94002	2	4	2	3	5	5	0		3.15E-04	1	-.2	810.	808.(20.)	927.(10.)	-31.	-31.(8.)	-27.(5.)	
1166.94737	4	10	0	10	10	3	7		1.00E-05	5	5.1	730.			-64.			
1170.20132	5	10	4	7	10	7	4		1.30E-06	15	-31.4	617.						
1171.49076	2	9	1	9	9	4	6		1.82E-05	3	-2.7	757.			-72.			
1172.73974	5	9	4	6	9	7	3		9.90E-07	15	12.4							
1173.71819	7	10	3	8	11	4	7		1.13E-03	2	1.0	770.	772.(7.)	872.(10.)	-92.	-92.(5.)	-99.(9.)	
1174.00736	2	8	4	5	8	7	2		2.73E-06	3	1.7	758.						
1174.52695	3	7	0	7	8	3	6		1.07E-02	2	-2.4	733.	735.(24.)	791.(20.)	-84.	-84.(2.)	-99.(1.)	
1178.31020	44	13	7	7	14	8	6		8.60E-07	15	-27.4	310.			-46.			
1178.37567	5	13	6	7	14	7	8		6.48E-06	12	-9.0	315.			6.			
1178.69023	3	5	0	5	5	5	0		5.92E-06	15	41.2	778.						
1178.98326	5	13	7	6	14	8	7		3.10E-06	15	-9.3	325.			-46.			
1180.39946	6	12	1	11	12	4	8		1.60E-06	15	5.2	750.			-71.			
1180.67213	5	11	3	9	11	6	6		1.00E-06	9	-31.0	500.						
1180.82807	2	4	2	2	5	5	1		1.26E-04	1	.7	850.	860.(21.)	959.(20.)	-28.	-14.(21.)	-23.(15.)	
1180.99943	5	8	4	4	8	7	1		1.12E-06	15	14.7	700.						
1184.10422	5	12	5	8	13	6	7		6.15E-05	3	1.3	530.			-93.			
1185.70953	3	10	2	9	10	5	6		2.43E-05	2	-3.9	575.			-136.			
1186.57056	11	13	8	5	14	9	6		1.15E-06	15	-19.1	258.			-21.			
1186.71424	10	11	4	8	12	5	7		1.14E-04	2	2.8	700.	770.(77.)	924.(60.)	-130.	-130.(9.)	-119.(47.)	
1187.02165	4	7	1	6	8	4	5		8.65E-03	2	1.2	813.	801.(7.)	900.(40.)	-105.	-105.(4.)	-117.(4.)	
1188.17840	4	9	4	5	9	7	2		2.92E-06	5	-5.1							
1195.34395	7	12	6	7	13	7	6		3.76E-05	4	-.7	318.	320.(20.)	368.(5.)	-34.	-34.(7.)	-24.(4.)	
*1197.04417	81	13	9	4	14	10	5		6.90E-07	15	1.7	198.			-30.			
1197.75335	7	10	3	8	10	6	5		1.13E-05	2	-.2	617.						
1198.17815	3	7	1	7	8	2	6		4.80E-03	3	.3	808.	803.(12.)	880.(26.)	-1.	-1.(2.)	-3.(1.)	
1198.52383	10	12	6	6	13	7	7		1.25E-05	4	-1.6	353.			1.			
1200.81178	6	13	5	8	14	6	9		1.21E-05	3	.8	530.			170.			
1201.46258	7	12	7	6	13	8	5		1.85E-05	4	2.8	360.	360.(17.)	429.(33.)	-33.	-33.(15.)	-17.(40.)	
1201.69284	7	12	7	5	13	8	6		6.20E-06	5	3.3	380.			-42.			
1209.76296	10	12	8	5	13	9	4		7.43E-06	3	1.0	285.			-26.			
1209.77435	15	12	8	4	13	9	5		2.45E-06	3	-.1	285.			-26.			
1210.18528	2	9	3	7	9	6	4		7.90E-06	5	-.5	683.						
1211.15393	3	12	5	7	13	6	8		2.25E-05	2	2.5	530.			165.			
1211.25564	2	4	1	4	5	4	1		1.93E-03	1	1.0	907.	908.(14.)	984.(12.)	-52.	-52.(7.)	-57.(4.)	
1212.24672	2	8	2	7	9	3	6		1.10E-02	1	1.3	815.	815.(13.)	893.(20.)	-54.	-54.(1.)	-65.(1.)	
1213.00716	7	11	5	7	12	6	6		1.06E-04	2	2.5	512.	513.(1.)	573.(27.)	-42.	-42.(10.)	-61.(9.)	
1213.96476	5	11	4	7	11	7	4		1.68E-06	3	9.9							
*1214.37420	32	18	1	18	19	0	19		1.30E-06	10	-11.8	40.			-35.			
1214.95827	1	8	1	8	8	4	5		1.90E-04	2	-.9	768.	768.(24.)	857.(18.)	-62.	-62.(8.)	-64.(14.)	
1215.61282	4	9	2	8	9	5	5		2.59E-05	1	-.8	630.	626.(125.)	926.(185.)	-93.	-93.(93.)	-111.(111.)	
1218.51983	2	6	1	5	7	4	4		4.30E-03	1	1.5	833.	830.(13.)	929.(30.)	-64.	-64.(4.)	-69.(4.)	
1218.58114	3	8	3	6	8	6	3		3.50E-05	2	-2.2	758.			0.			
1219.14720	7	11	6	6	12	7	5		6.15E-05	2	2.2	369.	368.(12.)	419.(10.)	-32.	-32.(8.)	-23.(16.)	
1220.34465	6	11	6	5	12	7	6		1.84E-04	2	1.7	385.	384.(4.)	434.(8.)	-5.	-5.(4.)	2.(4.)	
*1220.44555	20	12	9	4	13	10	3		3.36E-06	3	-7.0	230.			-30.			
1223.76466	3	7	3	5	7	6	2		1.25E-05	7	3.2	644.			0.			
1224.82288	5	11	7	5	12	8	4		2.76E-05	4	-2.0	400.	400.(80.)	512.(102.)	-37.	-37.(37.)	-56.(56.)	
1224.89117	12	11	7	4	12	8	5		8.66E-05	2	2.5	400.	394.(14.)	51				

Table 2. continued

computed position	un	upper		lower		observed strength	ts	air		N ₂		air		N ₂		
		J	K	a	c			(o-c)	b ^o (sm)	b ^o (obs.)	b ^o (obs.)	d ^o (sm)	d ^o (obs.)	d ^o (obs.)		
1226.10364	3	11	5	6	12	6	7	3.27E-04	2	1.8	530.	535.(21.)	586.(1.)	104.	104.(3.)	139.(4.)
1226.65427	2	6	3	4	6	6	1	1.93E-05	2	-1.	750.	788.(158.)	819.(164.)	-16.	-16.(16.)	23.(23.)
1229.36372	2	9	0	9	9	3	6	1.72E-04	2	-7.	810.	814.(12.)	915.(20.)	-56.	-56.(18.)	-61.(12.)
*1233.28658	10	11	8	3	12	9	4	4.85E-05	2	5.2	300.	295.(19.)	344.(32.)	-37.	-41.(13.)	-51.(6.)
*1235.20405	58	17	0	17	18	1	18	7.75E-06	2	-2.4	46.	46.(4.)	47.(9.)	-33.	-33.(2.)	-33.(5.)
1236.75656	5	11	1	10	11	4	7	3.67E-05	2	3.1	785.	790.(50.)	834.(40.)	-71.	-71.(48.)	-53.(79.)
1237.53123	3	6	3	3	6	6	0	7.40E-06	1	4.5	810.			20.		
1239.21909	4	10	5	6	11	6	5	1.37E-03	2	.5	460.	460.(7.)	524.(11.)	-48.	-48.(2.)	-50.(2.)
1239.99907	2	8	2	7	.8	5	4	1.75E-04	3	-3.1	680.	686.(69.)	816.(82.)	-102.	-102.(51.)	-108.(54.)
*1242.02647	47	18	1	18	18	2	17	1.60E-06	15	20.7	50.			-17.		
1242.79930	5	10	6	5	11	7	4	7.68E-04	2	1.1	383.	385.(3.)	439.(8.)	-21.	-21.(2.)	-17.(2.)
1243.19053	5	10	6	4	11	7	5	2.56E-04	2	1.0	397.	398.(6.)	452.(7.)	-17.	-17.(6.)	-12.(3.)
1244.13823	2	5	1	4	6	4	3	1.28E-02	1	.8	858.	865.(2.)	947.(39.)	-55.	-55.(2.)	-56.(4.)
1244.80298	3	10	5	5	11	6	6	4.64E-04	2	.8	502.	502.(10.)	568.(6.)	50.	50.(1.)	73.(3.)
1246.68076	2	7	3	4	7	6	1	4.57E-05	1	-.8	812.	812.(81.)	793.(0.)	13.	13.(7.)	-6.(27.)
1247.75420	5	13	2	11	13	5	8	2.80E-06	10	6.7	750.			-34.		
1248.44618	5	10	7	4	11	8	3	3.50E-04	2	1.5	340.	344.(4.)	412.(52.)	-29.	-29.(1.)	-38.(19.)
1248.46321	7	10	7	3	11	8	4	1.18E-04	2	.4	328.	329.(1.)	386.(39.)	-22.	-22.(10.)	-41.(21.)
1251.34953	1	3	1	3	4	4	0	3.79E-04	1	.6	915.	910.(13.)	995.(14.)	-57.	-57.(5.)	-51.(3.)
1253.34597	3	7	1	7	7	4	4	1.67E-04	2	-.6	783.	779.(46.)	882.(76.)	-37.	-37.(15.)	-49.(24.)
1255.04800	20	15	4	11	16	5	12	7.88E-07	15	9.8	350.			69.		
1255.15288	40	17	1	16	18	2	17	1.20E-06	8	18.6	80.			-31.		
1255.16655	41	17	2	16	18	1	17	4.80E-07	15	37.3	37.			-10.		
1255.70012	10	14	4	10	15	5	11	9.18E-07	15	-37.1	447.			70.		
1255.79378	5	13	4	9	14	5	10	2.09E-05	4	-.4	495.			72.		
*1255.96163	22	16	1	16	17	0	17	3.85E-05	2	-2.6	50.	47.(6.)	54.(3.)	-32.	-32.(3.)	-30.(1.)
*1256.82787	10	11	10	1	12	11	2	5.43E-06	2	-4.2	180.			0.		
1256.88065	4	12	4	8	13	5	9	3.42E-05	3	-.5	560.			74.		
*1257.08761	10	10	8	3	11	9	2	1.92E-04	2	.1	275.	275.(9.)	301.(16.)	-28.	-25.(6.)	-31.(3.)
1258.61761	5	9	4	6	10	5	5	2.43E-03	2	1.0	635.	635.(7.)	730.(23.)	-95.	-95.(2.)	-104.(2.)
1258.89324	3	7	2	6	7	5	3	9.70E-05	3	-.9	695.	674.(30.)	767.(40.)	-92.	-92.(10.)	-113.(71.)
1259.14772	5	8	3	5	8	6	2	1.95E-05	4	.2	810.			-61.		
1260.34347	3	6	1	6	7	2	5	4.16E-02	2	-1.0	905.	914.(10.)	993.(20.)	-35.	-38.(36.)	-22.(11.)
1260.49760	5	11	4	7	12	5	8	4.78E-04	2	.7	640.			76.		
*1263.50285	33	17	0	17	17	1	16	7.10E-06	15	-2.0	95.	92.(10.)	102.(15.)	-76.	-76.(1.)	-62.(14.)
1264.01392	5	9	5	5	10	6	4	1.75E-03	2	.8	465.	461.(8.)	519.(18.)	-19.	-19.(1.)	-17.(4.)
1265.35524	2	4	1	3	5	4	2	2.73E-03	1	1.6	875.	879.(20.)	974.(31.)	-54.	-54.(1.)	-47.(1.)
1266.07298	5	9	5	4	10	6	5	5.25E-03	1	.3	494.	494.(4.)	578.(32.)	29.	29.(3.)	44.(4.)
1266.56110	4	9	6	4	10	7	3	9.44E-04	2	.0	386.	372.(37.)	443.(10.)	-15.	-15.(8.)	-14.(2.)
1266.66809	9	9	6	3	10	7	4	2.84E-03	1	.3	391.	391.(7.)	450.(13.)	-20.	-19.(3.)	-16.(0.)
1267.95308	6	10	4	6	11	5	7	6.84E-04	2	1.6	695.	695.(1.)	781.(37.)	79.	79.(3.)	109.(10.)
*1268.11481	8	10	9	2	11	10	1	6.80E-05	4	-3.5	206.	202.(13.)	265.(31.)	-37.	-37.(10.)	-29.(6.)
1268.38222	3	7	2	6	8	3	5	1.36E-02	2	-.9	855.	890.(30.)	1035.(78.)	-36.	-36.(6.)	-36.(3.)
1269.95724	3	8	3	6	9	4	5	2.36E-02	4	1.9	835.	841.(10.)	944.(31.)	-54.	-54.(4.)	-63.(1.)
*1270.95355	56	11	11	0	12	12	1	2.75E-06	12	48.8	130.					
1271.78782	3	5	0	5	6	3	4	4.55E-02	1	-2.1	907.	915.(45.)	930.(40.)	-62.	-62.(4.)	-68.(11.)
1272.34046	5	9	7	3	10	8	2	4.40E-04	2	1.0	330.			-9.		
1272.34362	5	9	7	2	10	8	3	1.32E-03	2	1.0	310.	309.(26.)	357.(17.)	-9.	-9.(6.)	-37.(4.)
1272.68731	4	6	2	5	6	5	2	3.08E-04	1	.2	710.	691.(61.)	850.(30.)	-49.	-49.(17.)	-63.(5.)
1272.96063	15	16	2	15	17	1	16	5.90E-06	10	7.8	55.	55.(2.)	52.(15.)	-23.	-23.(9.)	-26.(13.)
1273.28739	3	9	3	6	9	6	3	5.35E-05	3	-1.5	780.			-76.		
*1276.62619	13	15	0	15	16	1	16	1.86E-04	3	3.4	60.	60.(4.)	65.(4.)	-32.	-32.(2.)	-30.(2.)
1280.04751	4	9	4	5	10	5	6	7.82E-03	1	.4	702.	704.(14.)	783.(10.)	86.	86.(4.)	110.(2.)
1280.44896	31	16	3	14	17	2	15	2.18E-06	12	42.5	110.			-32.		
*1280.99944	18	10	10	1	11	11	0	2.44E-05	2	5.2	132.	132.(13.)	161.(16.)	-14.	-14.(7.)	-43.(22.)
*1281.16125	5	9	8	1	10	9	2	7.07E-04	2	-.3	236.	235.(10.)	259.(14.)	-19.	-19.(5.)	-20.(1.)
1282.07963	1	5	2	4	5	5	1	5.60E-05	3	2.9	950.	946.(28.)	913.(93.)	-27.	-27.(3.)	-53.(28.)
1284.30580	5	3	1	2	4	4	1	2.79E-03	1	1.3	916.	903.(8.)	990.(24.)	-65.	-65.(4.)	-63.(6.)
1284.92718	11	16	1	16	16	2	15	2.70E-05	2	4.1	95.	90.(6.)	173.(35.)	-25.	-25.(2.)	-33.(33.)
1284.93426	11	16	0	16	16	1	15	9.00E-06	2	4.1	118.			-51.		
1286.02851	3	6	1	6	6	4	3	9.36E-04	2	-1.0	824.	819.(12.)	900.(19.)	-55.	-55.(6.)	-55.(5.)
1286.69302	4	10	1	9	10	4	6	7.86E-05	2	.9	810.	831.(83.)	893.(33.)	-67.	-67.(34.)	-17.(8.)
1286.79703	7	10	3	7	10	6	4	1.30E-05	2	-1.6	715.			-69.		
1286.98165	12	12	2	10	12	5	7	6.10E-06	6	-1.7	754.			-2.		
1287.30559	2	8	0	8	8	3	5	3.14E-04	2	-.2	870.			-18.		
1287.40006	2	8	4	5	9	5	4	2.57E-02	3	-1.1	610.	610.(38.)	693.(28.)	-64.	-64.(10.)	-63.(1.)
1288.24992	2	8	5	4	9	6	3	1.74E-02	2	-.4	474.	476.(11.)	536.(22.)	-16.	-16.(2.)	-12.(5.)
1288.88653	4	8	5	3	9	6	4	5.84E-03	2	.2	490.	491.(9.)	549.(20.)	9.	9.(0.)	19.(1.)
1288.91446	30	15	3	12	16	4	13	3.01E-06	15	28.7	290.			-67.		
1290.53591	5	8	6	3	9	7	2	9.48E-03	2	1.4	418.	423.(40.)	434.(17.)	-13.	-13.(11.)	-14.(1.)
1290.55888	5	8	6	2	9	7	3	3.07E-03	3	-1.5	420.	427.(43.)	425.(35.)	-14.	-14.(3.)	-10.(5.)
1290.71600	6	15	1	14	16	2	15	2.95E-05	4	7.2	95.	95.(1.)	95.(3.)	-35.	-35.(3.)	-30.(4.)
1290.76761	5	15	2	14	16	1	15	9.50E-06	3	3.7	72.	96.(2.)	100.(6.)	-27.	-27.(9.)	-33.(13.)
1292.04415	3	7	0	7	6	5	2	5.61E-07	15	11.9						

Table 2. continued

computed position	un	upper				lower				observed strength	air		N ₂		air		N ₂	
		J	K _a	K _c		J	K _a	K _c			t _s	(o-c)t	b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(sm)	d°(obs.)	d°(obs.)
1296.70935	5	8	4	4	9	5	5	5	9.07E-03	1	1.8	665.	686.(33.)	769.(25.)	62.	62.(2.)	83.(4.)	
1296.99324	4	11	3	8	11	6	5	5	2.16E-05	2	-3.7	675.			-58.			
1297.18100	11	14	0	14	15	1	15	5	1.95E-04	3	4.4	75.			-41.			
1297.18372	5	14	1	14	15	0	15	5	5.60E-04	2	-0	75.	78.(7.)	85.(5.)	-40.	-40.(1.)	-36.(2.)	
1298.91445	18	14	3	11	15	4	12	5	3.40E-06	10	-12.9	350.			-97.			
1298.96428	38	15	4	12	16	3	13	5	5.36E-07	15	-32.9	200.			161.			
1301.04129	5	12	3	9	12	6	6	5	3.40E-06	10	7.8	650.			-44.			
*1305.48838	7	8	8	1	9	9	0	2	2.25E-03	3	-3.3	185.	185.(19.)	202.(7.)	-48.	-47.(23.)	-45.(2.)	
1306.28962	20	15	1	15	15	2	14	3	3.91E-05	3	3.7	132.			-38.			
1306.30272	7	15	0	15	15	1	14	4	1.16E-04	4	2.6	143.	140.(14.)	161.(7.)	-44.	-44.(22.)	-45.(9.)	
1306.78750	4	13	3	10	14	4	11	5	5.24E-05	1	-3.0	429.			-134.			
1308.17886	3	7	3	5	8	4	4	2	2.84E-02	2	1.5	795.	801.(36.)	912.(43.)	-55.	-55.(9.)	-61.(3.)	
1308.46283	6	14	1	13	15	2	14	4	4.63E-05	5	10.0	100.			-37.			
1308.56305	5	14	2	13	15	1	14	1	1.33E-04	2	5.6	92.	94.(2.)	103.(2.)	-38.	-38.(1.)	-36.(0.)	
1310.80855	5	14	2	12	15	3	13	1	1.22E-05	2	-1.3	170.	160.(16.)	181.(22.)	-80.	-95.(48.)	-94.(14.)	
1311.89238	3	5	2	3	5	5	0	2	2.55E-04	2	1.0	883.	887.(5.)	980.(17.)	-27.	-27.(20.)	-30.(7.)	
1312.34676	5	12	3	9	13	4	10	7	7.40E-05	1	-2.7	538.			-125.			
1312.39954	3	7	5	3	8	6	2	1	1.70E-02	2	-1.1	460.	469.(20.)	515.(20.)	-5.	-5.(5.)	2.(8.)	
1312.55566	3	7	5	2	8	6	3	2	5.17E-02	2	.2	460.	457.(16.)	528.(25.)	2.	2.(2.)	9.(4.)	
1312.71462	3	5	1	5	5	4	2	3	3.81E-04	1	-.9	862.			-8.			
1313.48306	5	4	0	4	5	3	3	2	2.16E-02	3	2.0	945.	960.(40.)	1033.(105.)	-49.	-49.(8.)	-36.(40.)	
1313.59641	2	7	4	4	8	5	3	2	2.60E-02	3	-2.4	572.	596.(46.)	638.(6.)	-26.	-26.(4.)	-26.(5.)	
*1314.74340	2	7	6	1	8	7	2	3	3.60E-02	5	-1.5	405.	399.(40.)	424.(44.)	-29.	-29.(15.)	-23.(2.)	
1315.686031	5	11	2	9	11	5	6	9	9.52E-05	2	-.1	743.			36.			
1315.87276	4	14	4	11	15	3	12	1	1.08E-05	3	-5.8	250.			178.			
1316.08815	3	11	3	8	12	4	9	8	8.83E-04	3	-.1	648.			-110.			
1316.97240	2	7	4	3	8	5	4	2	7.95E-02	2	-1.4	617.	617.(12.)	710.(12.)	40.	40.(3.)	59.(5.)	
1317.61047	3	13	0	13	14	1	14	2	2.12E-03	2	.1	90.	104.(8.)	106.(3.)	-9.	-9.(10.)	1.(1.)	
1317.61569	5	13	1	13	14	0	14	2	7.05E-04	2	-.2	90.			-8.			
1318.92946	4	6	2	5	7	3	4	1	1.49E-01	3	2.6	867.	867.(17.)	968.(12.)	-16.	-16.(2.)	-14.(2.)	
1319.22924	5	10	3	7	11	4	8	1	1.05E-03	1	-1.1	660.			-68.			
1320.05555	3	5	1	5	6	2	4	2	4.15E-02	2	2.2	930.	930.(30.)	1033.(59.)	-17.	-17.(3.)	-15.(6.)	
*1320.86877	6	7	7	0	8	8	1	1	1.67E-02	2	-.4	308.	308.(11.)	274.(16.)	-50.	-50.(14.)	-46.(1.)	
1322.55795	2	6	2	4	6	5	1	2	2.30E-04	2	1.1	837.	834.(12.)	938.(14.)	-8.	-8.(5.)	-5.(3.)	
1323.33443	3	9	3	6	10	4	7	1	1.09E-02	1	1.2	740.	729.(18.)	839.(36.)	56.	56.(2.)	77.(1.)	
1325.60509	5	13	2	11	14	3	12	1	1.60E-04	2	-2.5	217.	214.(15.)	234.(3.)	-95.	-95.(4.)	-109.(4.)	
1326.13483	5	13	1	12	14	2	13	3	5.45E-04	3	4.1	115.	118.(4.)	128.(5.)	-41.	-41.(0.)	-40.(1.)	
1326.33140	4	13	2	12	14	1	13	3	1.83E-04	3	4.9	124.	125.(6.)	135.(5.)	-37.	-37.(1.)	-36.(1.)	
1327.57111	5	14	1	14	14	2	13	4	4.41E-04	2	-2.3	170.	173.(4.)	192.(5.)	-48.	-48.(2.)	-52.(2.)	
1327.59896	10	14	0	14	14	1	13	1	1.48E-04	1	-1.6	177.	173.(7.)	195.(6.)	-46.	-46.(4.)	-46.(1.)	
1327.84456	3	9	1	8	9	4	5	1	1.22E-03	2	2.2	800.	801.(3.)	902.(13.)	-38.	-38.(3.)	-33.(6.)	
1328.83830	6	13	3	11	14	2	12	2	5.39E-05	2	-1.2	200.	201.(5.)	214.(7.)	-9.	-9.(4.)	4.(2.)	
1329.90473	5	8	3	5	9	4	6	1	1.15E-02	1	1.1	800.	804.(27.)	893.(31.)	61.	61.(5.)	79.(1.)	
1332.75708	2	7	2	5	7	5	2	1	1.05E-03	1	1.4	810.	806.(81.)	808.(9.)	-24.	-24.(12.)	-8.(17.)	
1333.48911	2	4	1	4	4	4	1	6	9.5E-04	2	.2	918.	919.(30.)	986.(4.)	-56.	-56.(3.)	-56.(7.)	
1333.69301	6	10	2	8	10	5	5	1	1.08E-04	2	-.7	737.			-84.			
1334.61035	3	13	4	10	14	3	11	1	1.68E-05	4	-3.3	350.			186.			
1335.44081	30	17	1	16	17	2	15	2	2.00E-06	5	-.5	90.			-55.			
1336.66273	2	6	5	2	7	6	1	1	1.35E-01	3	.1	420.	420.(9.)	488.(11.)	14.	14.(12.)	15.(4.)	
1336.68992	2	6	5	1	7	6	2	4	4.50E-02	4	.1	420.	452.(10.)	491.(13.)	24.	24.(6.)	36.(6.)	
1337.89771	2	12	0	12	13	1	13	2	2.45E-03	3	.6	111.			-32.			
1337.90873	5	12	1	12	13	0	13	7	3.77E-03	2	.9	111.	113.(8.)	110.(20.)	-28.	-28.(5.)	-18.(4.)	
1338.28630	3	7	0	7	7	3	4	4	4.40E-03	4	.2	900.	876.(65.)	924.(92.)	-3.	-3.(14.)	-11.(5.)	
1338.54602	3	6	4	3	7	5	2	2	2.08E-01	1	-2.4	565.	565.(4.)	622.(17.)	4.	4.(7.)	6.(2.)	
*1339.14848	3	6	6	1	7	7	0	1	1.00E-01	3	4.8	284.	284.(10.)	314.(25.)	-47.	-47.(2.)	-46.(3.)	
1339.51881	2	6	4	2	7	5	3	2	7.08E-02	1	-.5	595.	595.(6.)	687.(12.)	31.	31.(4.)	43.(3.)	
1339.60222	7	12	2	10	13	3	11	2	2.11E-04	2	-3.4	307.			-135.			
1339.90137	4	8	2	6	8	5	3	3	3.48E-04	2	-1.3	792.			-64.			
1340.16673	2	7	3	4	8	4	5	1	1.00E-01	4	-.5	811.	817.(6.)	907.(8.)	36.	36.(2.)	54.(3.)	
1340.47511	2	6	3	4	7	4	3	2	2.55E-01	1	1.4	749.	749.(8.)	841.(10.)	-59.	-59.(2.)	-63.(4.)	
1340.74880	40	14	5	10	15	4	11	3	3.36E-06	12	3.0	428.			-40.			
1341.10070	3	9	2	7	9	5	4	1	7.18E-04	1	-.9	760.	755.(27.)	824.(54.)	-110.	-110.(6.)	-111.(16.)	
1343.67834	8	12	1	11	13	2	12	6	6.79E-04	2	3.1	151.	151.(4.)	167.(8.)	-48.	-48.(2.)	-49.(1.)	
1344.06892	3	12	2	11	13	1	12	2	2.03E-03	1	2.8	158.	164.(9.)	172.(7.)	-32.	-32.(2.)	-31.(3.)	
1345.53917	7	12	3	10	13	2	11	6	6.42E-04	3	-1.5	255.	259.(8.)	293.(8.)	25.	25.(2.)	38.(1.)	
1348.75666	7	13	1	13	13	2	12	5	5.36E-04	2	-2.3	200.	200.(5.)	214.(2.)	-40.	-40.(2.)	-45.(4.)	
1348.81558	3	13	0	13	13	1	12	1	1.58E-03	1	-4.1	207.	204.(5.)	220.(3.)	-38.	-38.(2.)	-39.(1.)	
1349.37981	3	3	0	3	4	3	2	2	5.45E-02	1	2.0	962.	944.(32.)	1027.(21.)	-68.	-68.(5.)	-68.(4.)	
1352.34871	3	11	2	9	12	3	10	2	2.31E-03	1	-2.0	405.	405.(11.)	464.(15.)	-160.	-160.(1.)	-181.(2.)	
1352.89707	7	16	2	15	16	3	14	1	1.15E-05	4	-.3	117.	117.(2.)	143.(15.)	-53.	-53.(2.)	-67.(9.)	
1353.03036	12	16	1	15	16	2	14	3	3.75E-06	2	-2.6	120.	110.(20.)	166.(33.)	-43.			
1354.84567	3	6	3	3														

Table 2. continued

computed position	un	upper		lower		observed strength	air		N ₂		air		N ₂			
		J	K _a	K _c	J	K _a	K _c	#s	(o-c) #	b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(sm)	d°(obs.)	d°(obs.)	
1361.08511	3	5	5	0	6	6	1	3.19E-01	3	1.7	370.	371.(32.)	420.(20.)	-24.	-24.(16.)	-17.(21.)
1361.79623	3	11	2	10	12	1	11	2.31E-03	1	2.7	210.	210.(7.)	230.(16.)	-27.	-27.(3.)	-25.(3.)
1362.60374	1	5	2	4	6	3	3	1.53E-01	1	2.0	862.	862.(15.)	945.(21.)	-16.	-16.(6.)	-12.(4.)
1363.06264	3	5	4	2	6	5	1	1.57E-01	0	-5.7	551.	551.(12.)	633.(12.)	14.	14.(3.)	28.(8.)
1363.26375	2	5	4	1	6	5	2	4.78E-01	1	-4.3	566.	566.(6.)	648.(6.)	25.	25.(2.)	38.(4.)
1363.32977	5	10	2	8	11	3	9	2.53E-03	3	-3.	528.			-149.		
1368.62750	3	5	3	3	6	4	2	2.10E-01	1	.4	688.	688.(5.)	805.(13.)	-32.	-32.(5.)	-33.(3.)
1369.82768	4	12	1	12	12	2	11	5.25E-03	2	-4.4	242.	249.(14.)	268.(6.)	-34.	-34.(4.)	-36.(1.)
1369.95301	3	12	0	12	12	1	11	1.76E-03	2	-4.0	248.	247.(9.)	281.(10.)	-28.	-28.(3.)	-26.(3.)
1370.57365	5	15	2	14	15	3	13	1.85E-05	2	.2	157.	157.(31.)	165.(10.)	-52.	-57.(57.)	-52.(10.)
1370.83543	5	15	1	14	15	2	13	5.65E-05	2	1.7	156.	160.(10.)	181.(9.)	-29.	-29.(4.)	-26.(11.)
1371.61428	8	13	5	9	14	4	10	4.58E-06	15	-4.3	470.			-42.		
1372.26982	3	9	2	7	10	3	8	2.18E-02	2	-1.4	633.	644.(27.)	737.(18.)	-118.	-118.(8.)	-130.(11.)
1373.76950	2	5	3	2	6	4	3	6.42E-01	0	.3	755.	755.(6.)	865.(11.)	28.	28.(3.)	41.(3.)
1375.08613	2	4	1	4	5	2	3	3.54E-01	1	2.3	953.	953.(7.)	1052.(8.)	-20.	-20.(4.)	-22.(2.)
1377.97923	4	10	0	10	11	1	11	2.15E-02	1	-1.0	200.	199.(8.)	224.(8.)	-17.	-17.(1.)	-18.(4.)
1378.01006	4	10	1	9	11	2	10	6.80E-03	4	-2.0	261.			-65.		
1378.02963	5	10	1	10	11	0	11	6.30E-02	3	-3.3	207.	207.(4.)	226.(3.)	-24.	-24.(2.)	-20.(4.)
1378.49308	4	7	1	6	7	4	3	9.50E-03	2	.2	820.	820.(9.)	924.(17.)	-77.	-77.(6.)	-80.(3.)
1379.74521	2	2	0	2	3	3	1	6.91E-03	2	2.2	970.	971.(10.)	1043.(21.)	-76.	-76.(5.)	-80.(6.)
1380.23159	2	6	0	6	6	3	3	5.22E-03	2	-.5	910.	917.(24.)	970.(25.)	-19.	-19.(3.)	-21.(2.)
1380.60007	2	9	1	9	8	4	4	3.00E-06	15	-34.9	681.					
1381.53131	2	11	4	8	12	3	9	2.23E-04	1	-7.9	607.	603.(20.)	713.(15.)	152.	154.(11.)	201.(23.)
1382.06197	5	10	3	8	11	2	9	7.10E-03	2	-3.8	470.	469.(11.)	542.(33.)	103.	103.(6.)	131.(4.)
1386.47659	2	7	2	5	8	3	6	1.43E-01	2	.5	777.	777.(8.)	870.(9.)	-10.	-10.(2.)	-9.(7.)
1387.33550	2	4	1	3	4	4	0	1.02E-03	3	2.9	890.			-43.		
1387.52290	2	4	4	1	5	5	0	1.01E+00	5	-2.4	506.	506.(6.)	565.(4.)	18.	18.(9.)	8.(4.)
1387.54560	3	4	4	0	5	5	1	3.54E-01	5	2.6	506.	502.(50.)	593.(10.)	20.	18.(9.)	-15.(31.)
1388.34834	4	14	2	13	14	3	12	2.46E-04	2	.9	202.	202.(10.)	255.(65.)	-52.	-52.(4.)	-46.(23.)
1388.48354	2	6	1	5	6	4	2	4.17E-03	1	1.0	845.	840.(15.)	931.(30.)	-68.	-68.(5.)	-60.(10.)
1388.86404	4	14	1	13	14	2	12	8.26E-05	2	1.2	190.	186.(7.)	215.(22.)	-31.	-31.(6.)	-41.(21.)
1390.52185	2	5	1	4	5	4	1	8.95E-03	2	.6	870.	867.(7.)	935.(33.)	-54.	-54.(3.)	-54.(2.)
1390.75831	5	11	1	11	11	2	10	5.36E-03	1	-3.9	300.	299.(3.)	323.(7.)	-29.	-29.(1.)	-30.(1.)
1391.02642	3	11	0	11	11	1	10	1.58E-02	2	-5.8	300.	302.(14.)	324.(8.)	-13.	-13.(2.)	-9.(3.)
1394.44585	3	9	1	8	10	2	9	5.30E-02	10	-8.6	352.			-86.		
1394.47451	3	4	3	2	5	4	1	1.35E+00	1	1.1	700.	700.(25.)		-1.	-1.(4.)	
1394.49636	2	6	2	4	7	3	5	1.05E-01	6	-3.0	815.			-5.		
1395.80258	1	4	3	1	5	4	2	4.40E-01	3	-1.6	717.	717.(7.)	812.(10.)	28.	28.(2.)	40.(3.)
1397.57543	5	9	2	8	10	1	9	1.92E-02	2	.1	358.	361.(4.)	398.(4.)	13.	13.(6.)	23.(1.)
1397.73295	2	9	0	9	10	1	10	1.67E-01	1	-.5	274.	274.(6.)	303.(3.)	-24.	-24.(5.)	-20.(3.)
1397.84345	3	9	1	9	10	0	10	5.50E-02	1	-1.7	275.	275.(2.)	303.(5.)	-23.	-23.(1.)	-19.(2.)
1399.20425	2	4	2	3	5	3	2	1.15E+00	1	-.4	858.	858.(5.)	966.(5.)	-37.	-37.(2.)	-37.(3.)
1403.46215	2	9	3	7	10	2	8	6.61E-03	1	-.7	606.	603.(12.)	679.(24.)	111.	111.(3.)	136.(1.)
1404.98997	3	5	2	3	6	3	4	6.89E-01	1	-2.7	869.	869.(10.)	978.(10.)	1.	1.(3.)	11.(3.)
1406.15066	3	13	2	12	13	3	11	3.26E-04	2	2.0	235.	233.(5.)	255.(5.)	-51.	-51.(5.)	-61.(4.)
1406.42970	1	8	1	8	7	4	3	4.40E-05	2	1.8	685.					
1406.72626	5	12	5	8	13	4	9	4.50E-05	4	-7.1	512.			-43.		
1407.16411	4	13	1	12	13	2	11	9.92E-04	2	2.6	245.	244.(4.)	271.(7.)	-12.	-12.(4.)	-7.(3.)
1408.31546	31	16	3	14	16	4	13	4.60E-06	7	-3.3	167.			-38.		
1408.60039	4	14	1	14	13	2	11	7.70E-07	10	12.5	572.			-8.		
1409.96861	2	8	1	7	9	2	8	4.75E-02	2	-.6	533.	533.(12.)	585.(10.)	-111.	-111.(7.)	-123.(1.)
1411.32318	5	10	4	7	11	3	8	1.94E-03	1	-3.8	670.	667.(17.)	760.(38.)	106.	106.(2.)	124.(2.)
1411.50555	3	10	1	10	10	2	9	4.38E-02	2	1.8	370.	370.(12.)	410.(6.)	-23.	-23.(1.)	-22.(3.)
1411.95446	3	5	0	5	5	3	2	3.86E-02	2	.8	890.	889.(17.)	1010.(15.)	-45.	-45.(4.)	-50.(6.)
1412.07869	5	10	0	10	10	1	9	1.45E-02	2	.7	380.	383.(8.)	420.(20.)	4.	4.(6.)	10.(3.)
1413.44368	17	14	6	9	15	5	10	6.78E-07	15	3.5	610.					
1413.99807	3	8	3	6	7	6	1	3.37E-06	4	-1.7	758.					
1416.08625	2	8	2	7	9	1	8	1.42E-01	0	.7	461.	461.(8.)	515.(7.)	34.	34.(3.)	51.(3.)
1417.25327	2	8	0	8	9	1	9	1.30E-01	2	2.6	363.	363.(5.)	399.(12.)	-34.	-34.(4.)	-29.(4.)
1417.49846	1	8	1	8	9	0	9	3.85E-01	3	1.3	348.	343.(7.)	396.(7.)	-27.	-27.(3.)	-22.(2.)
1418.93299	2	4	2	2	5	3	3	4.66E-01	2	-.7	861.	861.(7.)	975.(12.)	14.	14.(3.)	26.(8.)
1419.20976	4	6	2	5	5	5	0	2.06E-05	10	-2.8	710.					
1419.31722	2	3	3	1	4	4	0	8.17E-01	1	-3.3	659.	659.(15.)	749.(10.)	-1.	-1.(3.)	8.(6.)
1419.50804	2	3	3	0	4	4	1	2.44E+00	1	-3.8	672.	672.(12.)	758.(9.)	17.	17.(1.)	28.(2.)
1423.30968	3	7	1	7	6	4	2	3.53E-05	3	.4	700.					
1423.70416	1	3	1	3	4	2	2	3.14E-01	2	.4	950.	951.(10.)	1043.(18.)	-28.	-28.(2.)	-28.(4.)
1423.87260	2	12	2	11	12	3	10	3.49E-03	2	-.6	285.			-60.		
1424.12997	4	7	1	6	8	2	7	3.22E-01	3	1.7	666.	666.(12.)	758.(7.)	-91.	-91.(3.)	-99.(2.)
1425.84501	7	12	1	11	12	2	10	1.21E-03	1	1.9	320.	314.(6.)	352.(10.)	10.	10.(4.)	17.(4.)
1426.55515	7	15	2	13	15	3	12	2.55E-05	3	.8	330.			-27.		
1427.13097	3	10	2	9	9	5	4	6.00E-06	6	2.0	617.					
1428.27108	3	8	3	6	9	2	7	4.47E-02	2	-3.3	734.	734.(15.)	826.(8.)	79.	79.(4.)	94.(2.)
1428.61926	2	13	0	13	12	3	10	3.02E-06	12	-17.1	454.					
1429.94505	1	3	2	2	4	3	1									

Table 2. continued

computed position	un	upper J	K _a	K _c	lower J	K _a	K _c	observed strength	%s	(o-c)%	air b°(sm)	air b°(obs.)	N ₂ b°(obs.)	air d°(sm)	air d°(obs.)	N ₂ d°(obs.)
1433.60864	5	4	0	4	4	3	1	1.60E-02	2	2.8	930.	929. (11.)	996. (42.)	-65.	-65. (3.)	-71. (2.)
1434.68206	4	9	2	8	8	5	3	5.86E-06	15	-1.7	683.					
1434.69488	3	5	1	5	4	4	0	3.15E-05	10	-4.0	740.					
1435.33038	2	8	2	7	7	5	2	3.54E-05	15	3.8	758.					
1435.64956	3	7	2	6	8	1	7	1.01E-01	2	-4.	588.	581. (6.)	670. (6.)	59.	58. (5.)	75. (3.)
1436.48022	3	7	0	7	8	1	8	7.92E-01	1	-7.	462.	462. (3.)	522. (5.)	-44.	-44. (2.)	-47. (5.)
1436.65551	2	6	1	5	7	2	6	2.12E-01	2	2.3	753.	757. (28.)	850. (22.)	-55.	-56. (15.)	-60. (14.)
1436.81822	2	3	2	1	4	3	2	2.52E+00	1	-1.8	860.	860. (25.)	980. (18.)	8.	8. (2.)	15. (3.)
1437.02621	3	7	1	7	8	0	8	2.73E-01	2	2.7	462.	462. (8.)	515. (20.)	-26.	-26. (4.)	-20. (4.)
1438.80779	4	14	3	12	14	4	11	1.19E-04	2	1.3	268.	261. (11.)	269. (0.)	-80.	-80. (3.)	-94. (6.)
1441.34387	3	11	2	10	11	3	9	3.95E-03	1	1.0	374.	374. (17.)	417. (19.)	-67.	-67. (3.)	-76. (4.)
1443.96068	4	14	2	12	14	3	11	4.17E-05	3	2.0	360.	375. (31.)	425. (43.)	1.	1. (1.)	8. (4.)
1444.85625	5	11	5	7	12	4	8	5.48E-05	15	6.2	580.			-46.		
1445.10034	3	11	1	10	11	2	9	1.22E-02	1	1.1	425.	421. (14.)	451. (17.)	32.	32. (2.)	42. (1.)
1445.17354	4	9	4	6	10	3	7	1.63E-03	2	-1.0	723.			58.		
1446.47812	3	3	0	3	3	3	0	2.46E-02	2	1.6	1000.	1000. (30.)	1062. (68.)	-72.	-72. (4.)	-76. (3.)
1447.95163	2	5	1	4	6	2	5	1.10E+00	1	.5	846.	846. (7.)	957. (8.)	-48.	-48. (2.)	-51. (2.)
1452.06659	1	8	1	8	8	2	7	2.61E-01	1	1.6	540.	537. (5.)	600. (11.)	-26.	-26. (3.)	-30. (2.)
1453.52421	7	13	3	11	13	4	10	1.74E-04	2	2.3	327.			-91.		
1453.91439	5	12	1	12	11	2	9	1.85E-05	5	1.7	635.			-6.		
1454.00343	9	13	6	8	14	5	9	1.05E-06	15	13.8	595.			0.		
1454.54668	25	16	4	13	16	5	12	2.86E-06	15	30.1	150.			-86.		
1454.57293	2	8	0	8	8	1	7	8.84E-02	1	1.5	588.	588. (11.)	654. (7.)	24.	24. (2.)	33. (3.)
1455.30131	2	6	0	6	7	1	7	5.05E-01	2	1.0	594.	594. (8.)	670. (7.)	-54.	-54. (3.)	-55. (4.)
1456.50975	3	6	1	6	7	0	7	1.49E+00	2	-.4	595.	595. (12.)	665. (9.)	-19.	-19. (2.)	-15. (4.)
1456.88707	4	2	2	1	3	3	0	4.11E+00	1	-1.9	854.	854. (15.)	960. (30.)	-19.	-19. (3.)	-16. (3.)
1457.04271	3	7	3	5	8	2	6	2.95E-02	5	.1	780.			60.		
1457.07200	4	6	2	5	7	1	6	5.60E-01	1	-.4	733.	733. (25.)	841. (50.)	73.	62. (16.)	81. (32.)
1458.26699	1	2	2	0	3	3	1	1.40E+00	4	-.7	841.	841. (18.)	927. (15.)	4.	5. (6.)	8. (5.)
1458.30009	3	10	2	9	10	3	8	3.48E-02	3	-2.5	380.	380. (20.)		-75.		
1459.26093	2	4	1	3	5	2	4	5.88E-01	2	.1	883.	883. (10.)	966. (20.)	-34.	-34. (4.)	-32. (9.)
1462.36521	5	13	2	11	13	3	10	5.55E-04	2	.8	390.	391. (12.)	452. (48.)	54.	54. (4.)	62. (30.)
1464.90506	2	2	1	2	3	2	1	2.18E+00	1	.6	971.	971. (14.)	1071. (6.)	-51.	-51. (2.)	-55. (2.)
1465.17745	3	10	1	9	10	2	8	1.23E-02	2	-2.1	520.			42.		
1467.47250	7	12	3	10	12	4	9	2.05E-03	2	1.7	378.	372. (7.)	418. (12.)	-111.	-111. (5.)	-129. (2.)
1469.11758	2	6	2	4	5	5	1	1.75E-05	10	1.5	710.			20.		
1469.74609	3	11	0	11	10	3	8	6.80E-05	3	-2.8	617.					
1471.48165	3	7	1	7	7	2	6	1.77E-01	3	-2.4	655.	655. (12.)	744. (6.)	-32.	-32. (4.)	-28. (4.)
1472.05121	5	3	1	2	4	2	3	2.62E+00	1	-.2	910.	910. (19.)	1037. (8.)	-19.	-19. (1.)	-17. (3.)
1473.51416	3	5	0	5	6	1	6	2.52E+00	1	.5	738.	738. (8.)	843. (5.)	-60.	-60. (1.)	-58. (4.)
1474.36234	4	9	2	8	9	3	7	3.25E-02	3	-.9	565.	565. (25.)	620. (25.)	-82.	-82. (10.)	-102. (10.)
1476.13245	3	5	1	5	6	0	6	8.45E-01	2	2.0	698.	698. (6.)	802. (14.)	-14.	-14. (2.)	-9. (4.)
1476.42884	3	7	0	7	7	1	6	5.65E-01	1	.0	704.	704. (7.)	798. (11.)	23.	23. (2.)	29. (6.)
1477.80649	5	14	4	11	14	5	10	5.77E-05	3	-2.5	243.			-102.		
1477.92570	4	11	1	11	10	2	8	2.66E-05	3	1.3	672.			-6.		
1480.24018	5	11	3	9	11	4	8	2.41E-03	2	.7	448.	443. (44.)	499. (50.)	-121.	-121. (61.)	-140. (70.)
1481.24687	1	5	2	4	6	1	5	2.82E-01	3	-1.3	815.	815. (7.)	935. (15.)	27.	27. (4.)	38. (3.)
1481.77832	2	8	4	5	9	3	6	1.02E-02	3	-2.2	763.	760. (12.)	807. (33.)	-21.	-21. (4.)	4. (9.)
1481.79872	7	12	2	10	12	3	9	7.78E-04	2	1.7	460.			40.		
1483.62056	6	15	3	12	15	4	11	1.38E-05	3	-.9	437.			-28.		
1484.25726	5	10	5	6	11	4	7	4.20E-04	3	-4.8	645.	670. (31.)	760. (18.)	-49.	-50. (15.)	-25. (38.)
1486.15840	3	9	1	8	9	2	7	1.06E-01	4	-2.7	637.	637. (10.)	744. (20.)	37.	37. (2.)	48. (2.)
1487.34852	1	2	1	1	3	2	2	1.23E+00	1	1.6	942.	942. (8.)	1058. (7.)	-6.	-6. (2.)	-7. (2.)
1487.50885	3	13	4	10	13	5	9	9.00E-05	5	.6	298.			-92.		
1488.86560	4	10	0	10	9	3	7	8.18E-05	2	-4.1	683.					
1489.04989	2	8	2	7	8	3	6	2.44E-01	1	.2	628.	628. (15.)	715. (12.)	-87.	-87. (6.)	-89. (6.)
1489.30239	2	6	3	4	7	2	5	1.39E-01	2	-.1	823.	823. (13.)	926. (20.)	29.	29. (3.)	34. (5.)
1489.84191	3	6	1	6	6	2	5	1.04E+00	1	.0	740.	750. (22.)	832. (20.)	-35.	-35. (4.)	-41. (7.)
1490.82569	5	4	0	4	5	1	5	1.25E+00	1	1.8	865.	865. (27.)	1012. (25.)	-60.	-63. (4.)	-62. (3.)
1491.39039	5	10	3	8	10	4	7	2.26E-02	2	-1.3	522.	522. (9.)	574. (36.)	-119.	-119. (5.)	-141. (5.)
1493.05896	3	9	3	6	8	6	3	8.70E-06	1	-8.2	758.					
1493.95091	5	12	6	7	13	5	8	1.06E-05	2	1.3	590.			-80.		
1495.06110	60	15	5	11	15	6	10	1.54E-06	15	-14.1	230.			-70.		
1495.50600	6	12	4	9	12	5	8	1.09E-03	5	.2	300.			-75.		
1496.24890	2	4	1	4	5	0	5	3.58E+00	1	-.2	812.	812. (14.)	927. (15.)	-6.	-6. (1.)	1. (3.)
1498.80318	4	1	1	1	2	2	0	1.34E+00	1	.6	1001.	1001. (25.)	1072. (9.)	-59.	-59. (2.)	-58. (2.)
1498.87472	2	6	0	6	6	1	5	3.70E-01	3	-1.6	830.	830. (30.)	944. (53.)	22.	22. (6.)	29. (4.)
1500.51367	40	14	5	10	14	6	9	3.05E-05	10	11.6	285.			-68.		
1500.54588	2	9	3	7	9	4	6	2.16E-02	2	.4	580.	586. (24.)	657. (43.)	-111.	-111. (7.)	-137. (24.)
1501.61439	5	11	4	8	11	5	7	1.28E-03	2	-1.6	405.			-58.		
1501.63222	3	11	2	9	11	3	8	9.06E-03	1	1.6	560.			2.		
1501.84565	3	7	2	6	7	3	5	1.78E-01	2	.1	693.	693. (19.)	792. (10.)	-76.	-76. (5.)	-82. (4.)
1501.94550	16	14	3	11	14	4	10	2.65E-05	7	3.2	480.			-49.		
1503.21810	3	10	1	10	9	2	7	3.16E-04	2	1.0	712.			-7.		
1503.99379	2	7	2	5	6	5	2	1.63								

Table 2. continued

computed position	un	upper		lower		observed strength	air		air		air	
		J	K	a	c		s	(o-c)	b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(obs.)
1506.16689	2	9	0	9	8	3	6	8.05E-04	1	-1.2	758.	
1506.62031	3	5	1	5	5	2	4	5.79E-01	2	-1.9	810.	810.(13.)
1506.71909	4	12	5	8	12	6	7	4.78E-04	3	-2.7	390.	
1507.05831	3	3	0	3	4	1	4	4.74E+00	1	.7	927.	927.(14.)
1507.44233	2	8	1	7	8	2	6	9.63E-02	3	-1.6	737.	733.(10.)
1507.48404	3	8	3	6	8	4	5	1.55E-01	3	-2.3	631.	631.(22.)
1507.79929	2	6	5	2	6	6	1	6.10E-02	3	-2.6	502.	502.(10.)
1507.82135	2	6	5	1	6	6	0	2.07E-02	2	-.8	502.	522.(19.)
1507.85166	3	7	5	3	7	6	2	1.73E-02	2	-1.4	500.	492.(12.)
1507.91143	5	11	5	7	11	6	6	5.78E-04	2	1.0	427.	
1507.97259	3	7	5	2	7	6	1	5.27E-02	4	.1	507.	507.(6.)
1508.02149	2	8	5	4	8	6	3	2.88E-02	2	-4.0	482.	486.(6.)
1508.23031	3	9	5	5	9	6	4	4.51E-03	2	-.8	468.	
1508.29242	5	10	5	6	10	6	5	5.28E-03	2	1.1	455.	
1508.34225	4	9	4	6	9	5	5	1.11E-02	2	-.4	500.	
1508.49012	4	8	5	3	8	6	2	9.71E-03	10	-2.9	500.	
1508.55879	2	4	2	3	5	1	4	1.03E+00	1	.3	880.	880.(8.)
1509.53067	2	8	4	5	8	5	4	7.77E-02	3	-.5	549.	565.(20.)
1509.62227	3	5	4	2	5	5	1	8.50E-02	5	.5	630.	637.(35.)
1509.66298	3	9	5	4	9	6	3	1.30E-02	4	-5.0	505.	
1509.70654	15	14	6	9	14	7	8	1.14E-05	10	8.1	425.	
1509.78273	3	6	4	3	6	5	2	2.44E-01	4	2.0	619.	
1509.86130	2	7	4	4	7	5	3	4.96E-02	2	-2.7	582.	560.(25.)
1510.32447	7	13	6	8	13	7	7	1.65E-05	5	5.7	450.	
1510.34650	4	9	6	4	9	7	3	1.51E-03	2	.4	472.	
1510.35979	5	10	6	5	10	7	4	1.83E-03	2	.3	485.	
1510.42543	9	9	6	3	9	7	2	4.60E-03	4	1.9	468.	
1510.43376	5	8	6	3	8	7	2	9.00E-03	4	.9	458.	
1510.43880	5	11	6	6	11	7	5	2.04E-04	2	-1.6	490.	
1510.45147	5	8	6	2	8	7	1	2.94E-03	2	-1.1	458.	
1510.48556	7	12	6	7	12	7	6	1.86E-04	1	1.9	478.	
1510.53281	2	6	4	2	6	5	1	8.00E-02	4	.2	610.	619.(24.)
1510.61645	4	7	6	2	7	7	1	3.89E-03	10	-2.0	440.	
1510.61926	2	7	6	1	7	7	0	1.16E-02	13	-2.6	440.	
1510.63488	5	10	6	4	10	7	3	6.21E-04	2	2.0	460.	
1511.23868	4	11	6	5	11	7	4	6.29E-04	1	1.1	380.	
1511.93882	5	10	5	5	10	6	4	1.72E-03	1	-1.6	515.	
1512.21053	3	7	3	5	7	4	4	1.10E-01	3	-1.2	635.	635.(32.)
1512.49449	10	12	6	6	12	7	5	6.19E-05	3	1.5	378.	
1512.75532	2	5	1	4	4	4	1	8.65E-04	3	2.6	800.	
1514.77180	6	13	6	7	13	7	6	4.79E-05	1	1.9	370.	
1514.98743	2	6	3	4	6	4	3	5.88E-01	0	.1	668.	668.(10.)
1515.57719	21	13	7	7	13	8	6	5.00E-06	10	.2	280.	
1515.77859	5	8	4	4	8	5	3	2.57E-02	2	-2.4	696.	696.(15.)
1515.81214	10	12	7	6	12	8	5	5.80E-05	4	1.3	290.	
1515.85770	4	11	5	6	11	6	5	1.73E-03	1	-.3	530.	536.(54.)
1515.96717	5	12	7	5	12	8	4	1.80E-05	5	-5.9	290.	
1516.00878	7	13	7	6	13	8	5	1.55E-05	5	3.4	280.	
1516.09026	6	11	7	5	11	8	4	6.30E-05	3	-.1	300.	
1516.13829	8	11	7	4	11	8	3	1.85E-04	2	-2.2	300.	
1516.29326	3	5	3	3	5	4	2	2.71E-01	1	-1.3	688.	688.(7.)
1516.42753	7	10	7	4	10	8	3	5.34E-04	2	1.4	320.	
1516.44009	7	10	7	3	10	8	2	1.85E-04	5	5.2	320.	
1516.70798	3	4	3	2	4	4	1	7.57E-01	2	-3.6	740.	746.(19.)
1516.81990	7	9	7	3	9	8	2	3.66E-04	15	-6.7	352.	
1516.82235	3	9	7	2	9	8	1	1.18E-03	3	.5	352.	
*1517.25232	7	8	7	2	8	8	1	2.36E-03	1	.2	377.	
1517.43094	1	3	1	3	4	0	4	1.47E+00	1	1.9	895.	895.(40.)
1517.78284	1	4	3	1	4	4	0	2.61E-01	3	-.5	763.	763.(20.)
1518.48591	51	14	6	8	14	7	7	3.40E-06	7	-4.0	360.	
1519.01772	4	13	3	10	13	4	9	3.97E-04	2	.6	530.	
1519.35028	2	7	4	4	8	3	5	6.28E-03	2	-1.2	795.	797.(16.)
1520.15312	2	5	3	2	5	4	1	8.60E-01	5	3.2	790.	790.(30.)
1520.18455	1	5	2	4	5	3	3	5.50E-01	5	1.5	824.	824.(40.)
1520.24894	5	10	2	8	10	3	7	1.08E-02	4	.7	667.	
1520.76902	2	8	0	8	7	3	5	7.41E-04	2	-.7	758.	
1521.23452	2	4	1	4	4	2	3	2.64E+00	2	1.0	901.	878.(25.)
1521.30900	3	5	0	5	5	1	4	2.04E+00	2	-3.1	880.	880.(30.)
1521.46895	4	9	4	5	9	5	4	3.40E-02	2	-.9	720.	694.(50.)
1521.75150	5	12	5	7	12	6	6	1.65E-04	3	-1.1	530.	
1522.68607	2	2	0	2	3	1	3	1.80E+00	1	3.0	991.	991.(18.)
1523.02275	4	9	5	5	10	4	6	3.70E-04	2	-1.3	690.	
1523.63419	3	5	3	3	6	2	4	6.02E-02	1	.8	855.	855.(30.)
1524.16752	25	13	8	6	13	9	5	1.30E-06	5	-5.4	250.	
1524.19569	9	13	8	5	13	9	4	4.06E-06	1	-1.4	250.	
1524.80938	3	6	3	3	6	4	2	2.01E-01	2	-.6	797.	797.(14.)
1524.85644	12	12	8	5	12	9	4	2.00E-05	15	26.4	270.	
1524.86466	11	12	8	4	12	9	3	7.10E-06	15	32.5	270.	

Table 2. continued

computed position	un	upper J K a c	lower J K a c	observed strength	$\frac{ts}{(o-c)ts}$	air $b^o_{(sm)}$	N_2 $b^o_{(obs.)}$	air $d^o_{(sm)}$	N_2 $d^o_{(obs.)}$
1525.49942	2	4 2 3	4 3 2	2.06E+00	2 -1.0	827.	827. (8.)	933. (7.)	-55. -55. (2.)
*1526.25338	10	10 8 3	10 9 2	1.77E-04	1 8.7	310.			-57. (1.)
*1526.94708	6	9 8 1	9 9 0	2.95E-04	2 6.6	327.			
1527.32036	4	7 1 6	7 2 5	7.26E-01	1 -1.3	825.	825. (20.)	927. (6.)	-19. -19. (2.)
1528.56822	1	3 2 2	3 3 1	6.01E-01	1 -.6	848.	848. (11.)	947. (8.)	-21. -21. (2.)
1529.03257	5	10 4 6	10 5 5	4.27E-03	2 -.5	710.			102.
1529.09744	3	13 1 12	12 4 9	6.60E-06	5 -.2	480.			53.
1529.23225	4	13 5 8	13 6 7	1.24E-04	2 -2.2	510.			103.
1529.46392	2	9 1 9	8 2 6	3.89E-04	2 .9	768.			-8.
1531.01342	5	10 3 7	9 6 4	3.05E-06	15 -7.7	617.			
1531.56678	10	11 6 6	12 5 7	1.21E-05	15 .8	585.			-88.
1531.63816	2	7 3 4	7 4 3	3.63E-01	1 1.1	800.	800. (12.)	911. (15.)	12. 12. (3.)
1531.66419	3	7 0 7	6 3 4	5.15E-03	2 1.4	750.			19. (3.)
1532.23181	5	4 0 4	3 3 1	2.03E-03	2 3.5	890.			
1532.89038	4	12 3 9	12 4 8	6.00E-04	3 -1.9	600.			-77.
1533.18227	1	3 1 3	3 2 2	1.07E+00	1 1.0	940.	934. (15.)	1050. (40.)	-45. -45. (4.)
1533.91653	2	3 2 1	3 3 0	1.85E+00	2 -1.1	858.	858. (17.)	980. (25.)	-17. -17. (2.)
1534.95261	3	11 5 6	12 4 9	7.00E-05	5 -1.1	610.			-75.
1535.47896	3	9 2 7	9 3 6	1.05E-01	3 -.1	795.	784. (27.)	908. (19.)	-73. -73. (8.)
*1536.00008	82	13 9 4	13 10 3	1.85E-06	15 34.0	230.			-86. (5.)
1536.14930	2	6 1 5	5 4 2	8.21E-04	2 2.3	818.			-25.
1536.16626	4	8 2 6	7 5 3	8.86E-05	2 3.8	758.			-74.
1536.87520	5	11 4 7	11 5 6	4.14E-03	2 -1.2	670.			117.
1536.90960	60	14 5 9	14 6 8	9.84E-06	10 4.7	470.			104.
*1537.05605	5	12 9 4	12 10 3	4.63E-06	5 -1.4	246.			
1537.81240	2	6 0 6	5 3 3	2.98E-03	2 .6	800.			
*1538.07428	10	11 9 2	11 10 1	1.31E-05	3 -2.9	255.			
1538.24963	3	5 0 5	4 3 2	1.05E-02	3 .9	890.			
1538.29053	1	3 2 2	4 1 3	3.10E-01	5 1.1	955.	955. (35.)	1065. (40.)	48. 48. (7.)
1539.01404	5	8 3 5	8 4 4	5.90E-02	3 -1.4	797.			64. (7.)
1540.29977	2	2 1 2	3 0 3	4.06E+00	1 .8	982.	982. (18.)	1082. (15.)	-20. 3. 3. (3.)
1541.95412	5	4 0 4	4 1 3	1.23E+00	2 .3	965.	965. (35.)	1065. (35.)	-11. -11. (3.)
1542.03141	5	11 3 8	11 4 7	8.22E-03	10 9.2	685.			-83.
1542.15978	2	2 1 2	2 2 1	2.71E+00	1 -.6	984.	984. (20.)	1091. (30.)	-29. -29. (7.)
1542.72543	10	12 4 8	12 5 7	3.83E-04	2 -1.7	600.			-27. (4.)
1542.82292	12	15 5 10	15 6 9	6.72E-06	15 21.3	410.			117.
1543.02269	6	12 1 11	11 4 8	1.01E-05	3 -2.3	540.			100.
1543.49023	2	6 1 5	6 2 4	5.42E-01	3 -2.3	883.	883. (11.)	997. (15.)	42. -31. (3.)
1544.37103	3	10 5 5	11 4 8	9.47E-05	2 -1.6	620.			-33. (3.)
1544.43506	3	9 3 6	9 4 5	7.32E-02	3 -2.7	820.	820. (23.)	927. (20.)	-69. -99. (11.)
1544.70434	4	13 4 9	13 5 8	2.65E-04	2 -4.0	527.			-103. (22.)
1545.15661	3	5 2 3	5 3 2	1.95E+00	1 -.6	864.	868. (13.)	961. (10.)	-100. -13. (2.)
1545.65524	4	8 2 6	8 3 5	9.79E-02	2 -1.4	885.	885. (18.)	990. (30.)	-11. -67. (3.)
1545.80586	5	10 3 7	10 4 6	8.74E-03	2 .7	770.			-75. (7.)
1548.34716	2	13 2 12	12 3 9	2.98E-06	1 -.2	762.			-86.
1549.64169	2	6 2 4	6 3 3	4.37E-01	1 -.7	866.	866. (7.)	984. (8.)	-60. -61. (3.)
1550.23594	2	7 2 5	7 3 4	6.90E-01	1 -1.6	883.	883. (9.)	1006. (5.)	-74. -74. (3.)
*1551.73630	14	12 10 3	12 11 2	1.15E-06	12 22.6	220.			-82. (3.)
1552.63807	4	9 4 5	10 3 8	1.35E-03	2 3.3	723.			
1553.00540	4	7 1 6	6 4 3	3.00E-03	1 -1.5	810.	808. (17.)	859. (86.)	-94. -75. (6.)
1554.35234	2	5 1 4	5 2 3	3.17E+00	1 -.7	924.	924. (14.)	1053. (7.)	-69. -58. (2.)
1555.25698	1	8 1 8	7 2 5	4.05E-03	1 -1.0	827.			-68. (2.)
1555.45887	5	8 4 4	9 3 7	1.61E-03	2 2.2	688.			-20.
1556.02488	3	6 4 3	7 3 4	2.95E-02	2 -.8	881.	882. (28.)	940. (17.)	83. -16. (2.)
1557.48603	1	2 1 1	2 2 0	1.32E+00	3 3.5	965.	965. (20.)	1085. (15.)	-15. -15. (5.)
1557.60918	5	0 0 0	1 1 1	1.41E+00	4 -1.2	1022.	1022. (25.)	1112. (60.)	-15. (20.)
1557.77152	4	11 6 5	12 5 8	3.10E-05	10 -3.9	560.			-21. (15.)
1558.30500	3	4 3 2	5 2 3	1.84E-01	4 1.4	900.	900. (30.)	978. (60.)	-88. 19. 19. (9.)
1558.53089	3	3 0 3	3 1 2	5.69E+00	2 -1.3	980.	980. (40.)	1069. (10.)	-31. 27. (10.)
1559.39759	2	8 5 4	9 4 5	2.37E-03	4 -6.1	720.			-12. (6.)
1559.69013	2	4 1 3	4 2 2	1.61E+00	1 -.1	966.	966. (20.)	1085. (35.)	-50. -58. (3.)
1560.25713	5	3 1 2	3 2 1	5.31E+00	2 -1.2	970.	970. (25.)	1065. (25.)	-56. -56. (6.)
1562.26118	3	10 1 9	9 4 6	1.40E-04	1 .7	628.			-55. (6.)
1562.61015	2	8 1 7	7 4 4	7.30E-04	2 -2.6	730.			-109.
1563.23131	3	9 2 7	8 5 4	2.57E-04	1 .9	650.			-105.
1564.87629	4	1 1 1	2 0 2	8.23E-01	2 3.3	1007.	1007. (8.)	1116. (9.)	8. 8. (3.)
1565.37136	3	9 1 8	8 4 5	1.11E-03	1 -.7	680.			18. (3.)
1565.70974	5	10 6 5	11 5 6	1.11E-04	5 1.3	570.			-96.
1566.02322	2	7 4 3	8 3 6	1.25E-02	2 -1.4	700.	709. (16.)	767. (10.)	-95. 57. (4.)
1566.06657	5	11 3 8	10 6 5	7.79E-06	10 2.2	617.			77. (13.)
1568.93984	4	2 2 1	3 1 2	5.27E-01	2 1.4	975.	975. (30.)	1061. (10.)	26. 26. (6.)
1569.78862	2	2 0 2	2 1 1	2.48E+00	1 2.2	1015.	1015. (25.)	1128. (14.)	-53. -53. (5.)
1572.98135	3	6 3 3	7 2 6	1.11E-02	1 2.0	822.	822. (9.)	896. (90.)	-53. -53. (2.)
1573.15611	2	12 2 11	11 3 8	4.83E-05	2 -2.6	773.			35. (17.)
1573.36360	4	11 4 7	12 3 10	4.66E-05	2 2.6	690.			-68. 117.
1576.18542	6	1 0 1	1 1 0	6.45E+00	1 .7	1045.	1045. (33.)	1169. (10.)	-67. -67. (6.)
1577.27505	2	7 3 4	8 2 7	1.03E-02	2 4.7	820.			-71. (3.)
1577.58290	2	5 3 2	6 2 5	7.74E-02	5 .0	845.	845. (15.)	945. (14.)	14. 47. (5.)

Table 2. continued

computed position	un	upper		lower		observed strength	ts	air		N ₂		air		N ₂		
		J	K _a	K _c	J	K _a	K _c	(o-c) t	b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(sm)	d°(obs.)	d°(obs.)		
1578.31637	3	7	1	7	6	2	4	4.66E-03	1	.4	882.	892.(19.)	946.(26.)	-18.	-21.(7.)	-20.(2.)
1579.21866	6	10	6	4	11	5	7	3.15E-05	5	-10.3	550.			-95.		
1579.24713	4	8	5	3	9	4	6	7.88E-04	2	1.5	595.	608.(22.)	705.(15.)	-57.	-57.(13.)	-60.(6.)
1581.39631	4	12	7	5	13	6	8	6.56E-07	15	-15.2	275.					
1582.47122	2	6	4	2	7	3	5	8.40E-03	2	.8	720.	719.(11.)	803.(25.)	13.	13.(2.)	20.(2.)
1583.41765	5	10	2	8	9	5	5	5.70E-05	5	3.0	617.			-96.		
1589.70827	1	4	3	1	5	2	4	4.07E-02	2	1.7	870.	870.(30.)	970.(39.)	47.	47.(6.)	50.(3.)
1590.14638	3	5	4	2	6	3	3	1.24E-02	2	.8	825.	826.(9.)	895.(14.)	6.	6.(1.)	11.(2.)
1590.40417	5	8	3	5	9	2	8	8.09E-04	6	4.7	810.			65.		
1591.67185	2	3	3	1	4	2	2	4.08E-02	2	2.4	933.	933.(55.)	986.(54.)	26.	26.(5.)	29.(2.)
1592.26586	3	7	5	3	8	4	4	1.56E-03	2	-.7	740.	747.(8.)	776.(78.)	-53.	-53.(6.)	-72.(36.)
1594.49672	2	3	2	1	4	1	4	1.70E-01	3	2.9	945.	945.(16.)	1032.(6.)	34.	34.(5.)	37.(2.)
1595.34600	4	12	4	8	13	3	11	2.19E-06	15	5.2	632.			122.		
1595.94556	3	12	3	9	11	6	6	1.00E-06	15	-35.7	558.					
1596.13681	3	11	2	9	10	5	6	7.58E-05	2	1.7	617.			-79.		
1596.24262	3	6	1	6	5	2	3	4.48E-02	2	-.5	911.	910.(33.)	1040.(20.)	-24.		
1596.27562	2	4	2	2	5	1	5	2.58E-02	2	4.1	920.			1.		
1598.26304	2	11	2	10	10	3	7	8.57E-05	1	.5	790.			-73.		
1600.84959	6	11	7	5	12	6	6	2.50E-06	15	-9.7	355.					
1601.20785	1	2	2	0	3	1	3	6.80E-02	3	3.7	1056.	991.(51.)	1078.(34.)	28.	30.(5.)	47.(14.)
1601.45856	3	7	5	2	8	4	5	4.60E-03	2	.1	625.	632.(12.)	714.(6.)	-45.	-45.(6.)	-58.(3.)
1601.71572	5	13	2	11	12	5	8	6.24E-06	1	1.0	504.			-50.		
1601.88180	8	12	2	10	11	5	7	8.00E-06	5	-1.6	558.			-60.		
1602.29454	9	9	6	3	10	5	6	2.83E-04	2	1.1	540.	536.(11.)	587.(1.)	-101.	-101.(7.)	-114.(21.)
1602.88379	2	5	4	1	6	3	4	3.45E-02	2	-.9	788.	768.(30.)	850.(40.)	-20.	-20.(10.)	8.(6.)
1603.31978	1	3	1	3	2	2	0	1.07E-01	4	1.6	1020.	1005.(36.)	1090.(45.)	-27.	-27.(3.)	-27.(2.)
1604.60308	8	11	7	4	12	6	7	9.02E-06	2	10.2	345.					
1606.71631	3	5	2	3	6	1	6	2.52E-02	2	3.4	952.	948.(21.)	1014.(30.)	5.	5.(3.)	2.(10.)
1607.04951	3	5	1	5	4	2	2	4.33E-02	3	1.1	967.	967.(13.)	1055.(25.)	5.	5.(4.)	7.(4.)
1607.25345	2	3	0	0	4	2	3	1.03E-01	1	1.4	890.	890.(40.)	960.(15.)	36.	36.(4.)	40.(5.)
1609.44044	2	4	1	4	3	2	1	2.70E-01	2	-1.6	961.	961.(11.)	1047.(6.)	-22.	-22.(5.)	-19.(2.)
1611.03635	3	9	3	6	10	2	9	4.80E-04	2	3.2	780.	778.(18.)	870.(40.)	56.	56.(9.)	92.(12.)
1616.71149	2	1	1	0	1	0	1	5.83E+00	1	1.4	1042.	1042.(20.)	1172.(25.)	55.	55.(2.)	62.(2.)
1619.01055	3	13	3	10	12	6	7	2.40E-06	15	30.8	504.					
1620.78713	2	4	4	1	5	3	2	2.88E-02	2	.3	832.	831.(20.)	929.(48.)	12.	12.(5.)	15.(1.)
1621.50923	3	10	2	9	9	3	6	1.24E-03	2	.1	805.			-56.		
1621.62013	2	6	5	2	7	4	3	6.70E-03	2	-.3	756.	755.(8.)	848.(40.)	-42.	-40.(20.)	-35.(27.)
1622.59773	2	4	2	3	3	3	0	2.06E-01	3	-.6	870.	867.(25.)	965.(20.)	-39.	-39.(2.)	-38.(4.)
1623.55914	1	2	1	1	2	0	2	2.08E+00	1	1.2	1038.	1038.(11.)	1152.(30.)	54.	54.(12.)	54.(4.)
1623.82646	5	8	6	3	9	5	4	6.02E-04	1	-.3	582.			-107.		
1624.71141	2	6	2	4	7	1	7	2.35E-03	2	3.1	880.			27.		
1625.13579	2	6	5	1	7	4	4	2.24E-03	1	.5	647.	658.(20.)	726.(13.)	-35.	-35.(3.)	-30.(3.)
1625.65052	3	4	4	0	5	3	3	9.55E-03	2	1.2	788.	790.(8.)	861.(22.)	-4.	-4.(4.)	-7.(4.)
1626.16139	5	8	6	2	9	5	5	2.04E-04	3	1.9	547.	537.(57.)	630.(63.)	-108.	-108.(10.)	-132.(66.)
1626.66503	5	10	7	4	11	6	5	2.51E-05	2	3.3	395.					
1627.82743	2	2	0	2	1	1	1	1.05E+00	1	2.1	1005.	1010.(40.)	1124.(35.)	-14.	-14.(3.)	-20.(4.)
1628.12681	6	10	7	3	11	6	6	9.00E-06	10	11.1	395.					
1634.96709	4	1	1	1	0	0	0	1.50E+00	1	2.6	1045.	1045.(40.)	1125.(20.)	33.	33.(5.)	38.(5.)
1635.65184	5	3	1	2	3	0	3	4.44E+00	2	-.1	992.	990.(30.)	1095.(25.)	44.	44.(5.)	45.(2.)
1637.12290	5	10	3	7	11	2	10	2.70E-05	10	-2.2	720.			51.		
1637.51185	5	3	1	2	2	2	1	8.15E-01	1	.4	948.	948.(8.)	1053.(14.)	-15.	-13.(2.)	-14.(5.)
1637.68174	2	4	2	2	3	3	1	7.97E-02	1	-.9	894.	894.(12.)	1003.(25.)	-10.	-10.(4.)	-11.(10.)
1638.27352	3	5	3	3	4	4	0	2.43E-02	1	-.4	752.	758.(17.)	832.(49.)	-18.	-18.(3.)	-4.(4.)
1640.31013	1	5	2	4	4	3	1	8.43E-02	1	-.8	880.	880.(25.)	980.(30.)	-40.	-40.(2.)	-39.(5.)
1640.43593	4	9	2	8	8	3	5	1.78E-03	2	-4.3	822.	773.(77.)	1014.(101.)	-13.	-13.(7.)	-8.(4.)
1642.38659	2	5	3	2	4	4	1	7.33E-02	2	-1.6	822.	822.(24.)	885.(15.)	-5.	-5.(2.)	4.(6.)
1645.96930	2	3	2	1	3	1	2	4.00E+00	2	.5	975.	975.(35.)	1072.(15.)	15.	26.(9.)	22.(3.)
1647.40405	2	4	2	2	4	1	3	1.17E+00	1	.3	940.	936.(10.)	1060.(44.)	53.	55.(3.)	67.(6.)
1648.31040	1	2	2	0	2	1	1	9.82E-01	2	2.8	975.	975.(25.)	1090.(40.)	22.	22.(4.)	23.(9.)
1648.36071	2	5	5	1	6	4	2	1.94E-03	2	-.2	742.			-37.		
1648.42986	2	7	2	5	8	1	8	1.86E-03	2	3.7	790.			38.		
1649.41827	3	5	5	0	6	4	3	5.75E-03	2	-1.3	675.	685.(11.)	778.(78.)	-34.	-34.(2.)	-49.(25.)
1649.51907	4	7	6	2	8	5	3	3.23E-04	2	.9	605.			27.		
1650.26671	2	7	6	1	8	5	4	9.59E-04	1	.0	588.			-69.		
1651.03801	4	14	3	12	13	4	9	2.59E-06	15	-20.4	737.			-20.		
1651.16302	6	9	7	3	10	6	4	2.05E-05	1	5.6	422.					
1651.65445	5	9	7	2	10	6	5	5.98E-05	3	3.0	430.					
1652.40031	3	3	0	3	2	1	2	5.67E+00	1	-1.1	948.	948.(20.)	1072.(25.)	-20.	-22.(10.)	-12.(11.)
1652.47399	4	6	2	5	5	3	2	1.60E-01	10	-5.0	900.	910.(50.)		20.	20.(60.)	
1652.80924	2	8	2	7	7	3	4	2.18E-02	2	-2.0	842.			-11.		
1653.26707	2	2	1	2	1	0	1	5.95E+00	2	-.7	1022.	1022.(50.)	1175.(45.)	44.	44.(7.)	60.(8.)
1653.41691	2	4	1	3	4	0	4	8.03E-01	2	-.4.7	936.	936.(15.)	1075.(68.)	32.	32.(6.)	68.(5.)
1654.51115	3	5	2	3	5	1	4	2.16E+00	1	-.1.0	940.	940.(20.)	1065.(25.)	54.	54.(3.)	65.(4.)
1656.30518	3	6	4	3	5	5	0	1.85E-02	2	-2.8	690.	688.(17.)	737.(8.)	12.	12.(1.)	35.(19.)
1656.99098	3	7	2	6	6	3	3	2.40E-02	2	.1	870.	870.(22.)	934.(5.)	-9.	-9.(5.)	-12.(7.)
1657.09244	2	6	4	2	5	5	1	6.25E-03	2	-1.7	670.	669.(12.)	739.(74.)	26.	26.(5.)	46.(23.)
1661.37105	2	6														

Table 2. continued

computed position	un	upper				lower				observed strength	air				N ₂		air				N ₂	
		J	K _a	K _c	J	K _a	K _c	t _s	(o-c)%		b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(sm)	d°(obs.)	d°(obs.)	N ₂	d°(obs.)				
1666.28848	3	11	3	8	12	2	11	1.30E-05	5	-1.9	550.					44.						
1668.28482	2	6	2	4	6	1	5	3.39E-01	3	-1.6	892.	888.(25.)	1018.(20.)		58.	58.(5.)	70.(4.)					
1669.16824	2	4	1	3	3	2	2	5.06E-01	1	1.3	925.	925.(15.)	1028.(20.)		-16.	-16.(8.)	-25.(4.)					
1669.39289	1	3	1	3	2	0	2	2.41E+00	1	1.7	977.	977.(8.)	1087.(15.)		50.	50.(3.)	54.(2.)					
1671.45178	3	5	2	3	4	3	2	3.75E-01	3	-5.	890.	890.(10.)	1012.(15.)		-10.	-10.(6.)	-9.(16.)					
1671.50908	1	3	2	2	3	1	3	7.38E-01	1	2.1	947.	947.(10.)	1045.(16.)		36.	45.(14.)	55.(14.)					
1672.47514	3	6	3	3	5	4	2	3.26E-02	1	-1.9	827.	832.(20.)	932.(20.)		14.	14.(7.)	22.(3.)					
1674.06783	6	13	3	11	12	4	8	7.40E-06	8	-4.	800.					-26.						
1674.12724	3	6	6	1	7	5	2	9.15E-04	2	-9.	622.											
1674.31628	3	6	6	0	7	5	3	3.03E-04	3	-1.3	610.					-45.						
1674.91216	6	8	7	2	9	6	3	1.00E-04	5	-4.4	460.											
1675.05005	3	8	7	1	9	6	4	3.07E-05	10	-12.7	460.											
1675.17267	5	4	0	4	3	1	3	2.33E+00	1	.8	893.	893.(10.)	1004.(7.)		-18.	-18.(1.)	-21.(2.)					
1675.51511	2	5	1	4	5	0	5	1.30E+00	1	1.6	882.	882.(8.)	984.(8.)		1.	3.(1.)	9.(2.)					
1675.60292	4	8	2	6	9	1	9	1.65E-04	10	10.5	690.					44.						
1678.98309	3	7	5	3	6	6	0	1.26E-03	1	-1.2	555.	561.(12.)	630.(35.)		31.	31.(8.)	23.(30.)					
1679.10915	3	7	5	2	6	6	1	3.77E-03	2	-1.5	580.	585.(12.)	652.(39.)		29.	29.(4.)	51.(15.)					
1679.46777	3	4	3	2	5	0	5	5.90E-03	3	1.0	890.	892.(34.)	900.(60.)		48.	47.(4.)	58.(29.)					
1679.71109	3	5	3	3	6	0	6	1.50E-03	2	1.0	800.					-1.						
1679.81607	3	6	3	3	6	2	4	2.52E-01	3	-3.6	885.	885.(10.)	983.(20.)		14.	14.(4.)	10.(4.)					
1680.46544	2	7	3	4	7	2	5	4.07E-01	1	-4.	885.	885.(12.)	982.(20.)		54.	54.(5.)	65.(5.)					
1680.87530	2	7	4	4	6	5	1	7.50E-03	2	-1.9	610.					-14.						
1682.17424	3	7	3	5	6	4	2	2.28E-02	1	-2.3	743.	743.(3.)	807.(5.)		-56.	-56.(5.)	-62.(20.)					
1683.17792	2	4	2	3	4	1	4	1.68E+00	1	1.2	885.	885.(8.)	978.(10.)		41.	41.(4.)	53.(3.)					
1683.54042	2	7	4	3	6	5	2	2.22E-02	2	-4.0	680.					30.						
1683.98361	2	5	3	2	5	2	3	1.17E+00	1	.1	885.	885.(8.)	998.(7.)		-7.	-7.(2.)	-10.(2.)					
1684.83515	2	4	1	4	3	0	3	7.40E+00	1	-1.	960.	1000.(50.)	1045.(20.)		52.	52.(3.)	64.(7.)					
1685.39863	2	3	3	1	4	0	4	1.30E-03	2	4.5	890.					0.						
1685.46867	2	6	3	4	7	0	7	2.29E-03	2	-6.	750.											
1685.61785	2	8	4	5	9	1	8	4.04E-04	1	-1.5	680.											
1686.61762	2	7	4	4	8	1	7	3.18E-04	1	1.1	730.					0.						
1687.87789	5	8	3	5	8	2	6	5.50E-02	3	.4	910.	910.(35.)	1036.(15.)		81.	81.(2.)	98.(5.)					
1688.37848	2	7	2	5	7	1	6	4.02E-01	1	-1.0	800.	804.(8.)	910.(7.)		46.	46.(3.)	64.(3.)					
1690.13747	1	4	3	1	4	2	2	4.64E-01	1	1.3	895.	895.(8.)	1013.(8.)		12.	12.(6.)	14.(3.)					
1690.30486	5	9	4	6	10	1	9	4.20E-05	5	-5.6	628.											
1692.60104	4	10	5	6	11	2	9	2.34E-05	3	8.6	617.											
1693.41576	8	12	3	10	11	4	7	1.22E-04	15	-15.4	850.					-36.						
1694.16742	3	6	4	3	7	1	6	1.48E-03	3	.3	790.					48.						
1695.45937	2	3	3	0	3	2	1	1.16E+00	1	1.2	878.	878.(7.)	980.(7.)		24.	24.(2.)	25.(4.)					
1695.92813	3	5	0	5	4	1	4	6.41E-00	1	-1.8	806.	806.(30.)	921.(5.)		3.	3.(1.)	5.(1.)					
1697.52718	1	5	2	4	5	1	5	3.45E-01	3	.1	808.	808.(7.)	912.(10.)		42.	42.(2.)	54.(3.)					
1698.04727	10	9	8	2	10	7	3	2.58E-06	10	-11.4	340.											
1698.07097	5	9	8	1	10	7	4	7.30E-06	10	-17.1	340.											
1698.26962	4	7	7	1	8	6	2	3.82E-05	4	.9	450.											
1698.30018	5	7	7	0	8	6	3	1.12E-04	3	-1.3	450.											
1698.95547	3	8	3	6	7	4	3	3.55E-02	2	-2.0	700.	705.(20.)	810.(45.)		-47.	-47.(5.)	-66.(6.)					
1699.56713	2	6	1	5	6	0	6	2.02E-01	2	-1.0	785.	785.(20.)	878.(20.)		-30.	-30.(6.)	-26.(5.)					
1699.69866	5	10	4	7	11	1	10	3.34E-05	10	-.8	581.											
1699.93390	4	2	2	1	1	1	0	4.44E+00	2	.8	990.	990.(15.)	1102.(8.)		9.	9.(3.)	10.(2.)					
1700.50073	2	5	1	4	4	2	3	1.75E+00	1	-1.0	895.	895.(20.)	1004.(7.)		-54.	-54.(6.)	-59.(2.)					
1700.77629	3	5	1	5	4	0	4	2.21E+00	1	-.5	865.	865.(20.)	968.(15.)		47.	47.(3.)	55.(2.)					
1701.14996	2	3	3	1	3	2	2	3.67E-01	1	-.8	852.	852.(10.)	962.(15.)		28.	28.(3.)	30.(4.)					
1701.50718	3	9	5	5	10	2	8	2.00E-05	1	3.9	617.											
1702.74890	3	9	3	6	9	2	7	5.35E-02	2	1.7	835.	835.(15.)	940.(28.)		113.	113.(6.)	132.(2.)					
1703.43842	2	8	5	4	7	6	1	4.12E-03	3	-1.8	522.	543.(7.)	581.(58.)		-5.	-5.(1.)	0.(0.)					
1703.84819	3	9	2	7	10	1	10	9.25E-05	1	-11.4	585.					46.						
1703.94224	4	8	5	3	7	6	2	1.41E-03	1	.7	560.					7.						
1704.45339	3	4	3	2	4	2	3	1.23E+00	1	-.1	836.	836.(7.)	937.(7.)		30.	30.(2.)	37.(3.)					
1704.86198	2	8	4	5	7	5	2	1.62E-02	1	-1.3	595.					-23.						
1706.15048	2	7	3	4	6	4	3	7.96E-02	1	-3.4	830.	830.(25.)	948.(15.)		24.	24.(16.)	47.(20.)					
1706.30962	5	8	6	3	7	7	0	5.82E-04	2	-3.6	450.											
1706.34921	1	2	2	0	1	1	1	1.27E+00	1	2.7	980.	980.(10.)	1075.(30.)		49.	49.(2.)	47.(1.)					
1706.81680	5	11	3	9	10	4	6	2.75E-04	1	3.0	850.					-46.						
1707.22250	2	6	2	4	5	3	3	1.23E-01	1	-2.4	870.	870.(20.)	948.(20.)		5.	5.(4.)	9.(5.)					
1708.78951	3	5	4	2	6	1	5	4.52E-04	1	.6	795.	789.(31.)	808.(81.)		52.	49.(10.)	35.(17.)					
1709.65519	2	9	3	7	8	4	4	4.48E-03	5	-.7	737.					-52.						
1710.02423	3	8	3	6	9	0	9	2.80E-04	5	-4.6	758.											
1710.19895	3	5	3	3	5	2	4	3.06E-01	1	-.3	804.	804.(11.)	887.(8.)		45.							

Table 2. continued

computed position	un	upper				lower				observed strength	air			N _a		air			N _a	
		J	K	a	c	J	K	a	c		t	(o-c)t	b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(sm)	d°(obs.)	d°(obs.)		
1718.80083	2	6	3	4	6	2	5			5.35E-01	1	-1.4	737.	737.(17.)	837.(7.)	57.	57.(3.)	74.(2.)		
*1720.36961	6	8	8	1	9	7	2			1.46E-05	7	1.4	330.							
1721.53246	5	8	4	4	8	3	5			2.88E-02	2	.9	830.	839.(28.)	966.(33.)	-18.	-18.(5.)	-27.(3.)		
1722.64711	4	11	4	7	11	3	8			3.47E-03	1	1.9	790.	795.(13.)	911.(7.)	128.	128.(5.)	147.(1.)		
1723.48664	4	7	1	6	7	0	7			2.70E-01	2	-2.4	691.	691.(10.)	774.(8.)	-50.	-50.(3.)	-53.(3.)		
1724.29029	5	10	3	7	10	2	8			4.97E-03	2	4.5	695.	695.(20.)	784.(35.)	105.	105.(3.)	132.(5.)		
1726.89857	3	9	3	7	10	0	10			2.38E-05	3	-10.5	683.							
1727.41149	4	9	4	6	8	5	3			2.84E-03	2	-.6	595.	593.(8.)	663.(25.)	-48.	-48.(3.)	-58.(2.)		
1727.83390	3	9	5	5	8	6	2			9.05E-04	2	-1.1	502.	507.(6.)	562.(20.)	-10.	-10.(3.)	-16.(6.)		
1729.43455	3	9	5	4	8	6	3			2.75E-03	1	-.3	542.							
1729.78257	2	7	4	3	7	3	4			1.71E-01	3	-.2	855.	855.(10.)	970.(7.)	-15.	-15.(2.)	-19.(5.)		
1730.05499	2	6	1	5	5	2	4			5.31E-01	1	-.2	827.	827.(8.)	933.(10.)	-64.	-64.(3.)	-73.(3.)		
1730.14167	2	4	4	1	5	1	4			5.51E-04	3	3.8	800.							
1730.23909	3	9	6	4	8	7	1			2.04E-04	2	2.8	460.							
1730.32328	9	9	6	3	8	7	2			5.96E-04	1	.1	460.							
1730.34621	3	7	3	5	7	2	6			8.62E-02	2	-2.9	670.	675.(20.)	754.(9.)	66.	66.(4.)	97.(7.)		
1731.28080	5	10	2	8	11	1	11			7.26E-06	15	.3	460.							
1732.06070	3	7	2	6	7	1	7			8.66E-02	2	-1.8	625.	625.(15.)	695.(15.)	9.	9.(4.)	24.(4.)		
1733.39053	3	7	0	7	6	1	6			3.48E+00	1	-1.4	575.	572.(16.)	655.(15.)	10.	10.(1.)	17.(2.)		
1734.39327	3	7	1	7	6	0	6			1.16E+00	1	-1.6	604.	604.(5.)	691.(10.)	36.	36.(2.)	46.(3.)		
1734.65050	2	4	2	3	3	1	2			3.25E+00	1	.1	940.	940.(20.)	1049.(15.)	20.	20.(2.)	25.(3.)		
1737.54250	3	12	4	8	12	3	9			2.55E-04	2	0	735.							
*1737.58461	5	9	7	2	8	8	1			1.03E-04	4	1.6	330.							
1737.61655	2	6	4	2	6	3	3			9.77E-02	1	-.3	848.	848.(17.)	958.(11.)	-2.	-2.(1.)	11.(6.)		
1739.31849	3	9	2	7	9	1	8			4.75E-02	2	.0	640.	642.(7.)	697.(18.)	-71.	-71.(6.)	-67.(9.)		
1739.83872	2	3	2	1	2	1	2			2.27E+00	1	2.0	965.	965.(20.)	1085.(20.)	49.	49.(3.)	54.(5.)		
1743.04571	5	8	3	5	7	4	4			1.83E-02	3	3.9	770.							
1743.05043	2	5	4	1	5	3	2			4.03E-01	1	-2.6	810.	810.(20.)	910.(35.)	7.	7.(2.)	6.(4.)		
1743.59956	4	9	4	5	8	5	4			9.77E-03	3	6.0	690.							
1743.61383	2	7	2	5	6	3	4			2.98E-01	2	-.1	803.	803.(10.)	905.(15.)	-29.	-29.(5.)	-30.(7.)		
1744.59236	3	8	3	6	8	2	7			1.09E-01	2	-2.9	605.	605.(8.)	670.(20.)	84.	84.(3.)	103.(5.)		
1745.61639	6	10	3	8	11	0	11			1.76E-05	15	-4.8	617.							
1745.77610	3	4	4	0	4	3	1			1.32E-01	1	-1.2	780.	780.(10.)	883.(8.)	-6.	-6.(3.)	-8.(7.)		
1746.29039	2	8	1	7	8	0	8			3.83E-02	2	-1.0	563.	563.(15.)	640.(25.)	-63.	-63.(8.)	-65.(4.)		
1747.08230	2	4	4	1	4	3	2			3.90E-01	3	-2.5	774.	774.(20.)	868.(7.)	-12.	-12.(3.)	-15.(4.)		
1747.24921	5	10	4	7	9	5	4			3.40E-03	1	-1.7	611.							
1747.72719	3	5	4	2	5	3	3			1.34E-01	2	-1.7	750.	750.(8.)	838.(7.)	-5.	-5.(2.)	-5.(6.)		
1748.65561	1	5	2	4	4	1	3			8.62E-01	1	.9	885.	895.(30.)	1005.(11.)	29.	29.(2.)	33.(3.)		
1749.40277	3	6	4	3	6	3	4			2.75E-01	4	-2.8	720.	720.(15.)	808.(15.)	-5.	-5.(2.)	1.(7.)		
1750.37519	4	11	3	8	11	2	9			3.62E-03	2	4.0	554.							
1750.98407	2	8	0	8	7	1	7			6.93E-01	7	-2.9	462.	463.(20.)	555.(35.)	7.	3.(29.)	20.(3.)		
1751.00316	2	8	2	7	8	1	8			1.11E-01	1	-2.4	535.	550.(30.)	600.(60.)	30.	30.(40.)	32.(15.)		
1751.42326	1	8	1	8	7	0	7			2.09E+00	2	-2.5	475.	475.(10.)	540.(25.)	21.	21.(0.)	33.(2.)		
1751.85429	4	13	5	8	13	4	9			1.10E-04	5	-.3	520.							
1751.88242	3	10	5	6	9	6	3			1.31E-03	2	-1.5	495.							
1752.81371	2	7	4	4	7	3	5			5.20E-02	2	.8	665.	665.(25.)	750.(19.)	2.	2.(3.)	14.(6.)		
1753.60059	3	12	5	7	12	4	8			1.50E-04	4	-3.2	600.							
1754.11713	4	10	6	5	9	7	2			3.60E-04	2	2.8	430.	436.(14.)	488.(49.)	7.	7.(4.)	15.(7.)		
1754.42028	5	10	6	4	9	7	3			1.20E-04	2	2.7	422.							
1756.15521	3	10	5	5	9	6	4			4.51E-04	2	.4	532.							
1756.81880	4	7	1	6	6	2	5			1.16E+00	1	-.3	723.	723.(11.)	822.(9.)	-87.	-87.(2.)	-99.(4.)		
1758.58149	2	8	4	5	8	3	6			7.00E-02	2	-.1	617.	628.(41.)	700.(21.)	33.	33.(3.)	44.(3.)		
1759.31535	4	13	4	9	13	3	10			1.50E-04	4	1.8	660.							
1760.78957	5	11	5	6	11	4	7			1.66E-03	2	1.3	678.							
1760.90626	5	10	7	4	9	8	1			8.20E-05	9	20.2	340.							
1760.91953	8	10	7	3	9	8	2			2.75E-05	10	20.8	340.							
1761.04532	2	9	3	7	9	2	8			1.37E-02	2	-1.3	510.	514.(5.)	557.(36.)	62.	62.(1.)	83.(5.)		
1761.82853	4	6	2	5	5	1	4			1.87E+00	1	-.3	855.	855.(20.)	968.(7.)	25.	25.(2.)	32.(4.)		
1762.69388	4	11	4	8	10	5	5			3.71E-04	3	2.5	620.							
1765.38026	6	10	2	8	10	1	9			5.03E-03	2	1.9	542.	535.(13.)	604.(13.)	-102.	-102.(5.)	-112.(6.)		
1767.09177	4	9	4	6	9	3	7			9.28E-03	2	3.6	561.	568.(8.)	648.(31.)	72.	72.(3.)	97.(2.)		
1767.91155	3	9	1	8	9	0	9			4.40E-02	3	-2.1	446.	446.(7.)	487.(5.)	-64.	-64.(4.)	-70.(5.)		
1768.12016	2	9	0	9	8	1	8			1.16E+00	2	.0	360.	370.(12.)	407.(4.)	1.	1.(1.)	6.(1.)		
1768.31198	2	9	1	9	8	0	8			3.79E-01	2	-2.0	365.	365.(10.)	407.(4.)	8.	8.(3.)	15.(3.)		
1770.38361	4	9	2	8	9	1	9			1.46E-02	1	-1.5	440.	440.(13.)	471.(47.)	-14.	-14.(8.)	-10.(5.)		
1770.44741	2	6	5	2	7	2	5			7.40E-05	1	-14.4	644.							
1770.85408	2	3	3	0	3	0	3			2.16E-02	2	2.7	1000.							
1770.94765	4	10	5	5	10	4	6			1.65E-03	2	-.8	740.							
1771.28747	2	3	3	1	2	2	0			1.19E+00	1	.0	855.	855.(22.)	947.(7.)	21.	21.(3.)	17.(2.)		
1771.88360	7																			

Table 2. continued

computed position	un	upper J K a	lower K a c	observed strength	$\frac{ts}{(o-c)ts}$	air $b^{\circ}(\text{sm})$	air $b^{\circ}(\text{obs.})$	N_2 $b^{\circ}(\text{obs.})$	air $d^{\circ}(\text{sm})$	air $d^{\circ}(\text{obs.})$	N_2 $d^{\circ}(\text{obs.})$
1778.79917	4	11 6 5	10 7 4	1.57E-04	2 2.3	395.			-15.		
1779.09231	5	10 3 8	10 2 9	1.35E-02	4 -2.3	450.			46.		
1779.11867	4	8 2 6	7 3 5	6.48E-02	2 -8	760.	760. (30.)	892. (15.)	-70.	-70. (30.)	-64. (32.)
1780.62260	2	4 2 2	3 1 3	3.61E-01	1 3.7	961.	961. (9.)	1048. (6.)	45.	45. (6.)	52. (4.)
1780.74583	2	8 1 7	7 2 6	2.35E-01	1 -.2	588.	588. (12.)	663. (11.)	-85.	-85. (5.)	-95. (6.)
1780.81065	3	9 5 4	9 4 5	1.34E-02	2 -.2	780.			-33.		
1781.96186	3	9 3 6	8 4 5	2.80E-02	2 -1.9	735.	743. (22.)	841. (97.)	15.	15. (2.)	29. (28.)
1783.86425	1	4 3 1	4 0 4	1.35E-02	2 3.7	938.			57.		
1784.06714	5	11 7 5	10 8 2	1.13E-05	6 -3.6	310.					
1784.11964	9	11 7 4	10 8 3	3.44E-05	4 -2.2	310.					
1784.88687	4	10 0 10	9 1 9	1.91E-01	2 1.3	275.	281. (20.)	310. (7.)	-12.	-12. (2.)	-9. (3.)
1784.93103	5	11 5 6	10 6 5	5.81E-04	6 9.3	530.			40.		
1784.97125	3	10 1 10	9 0 9	5.69E-01	2 .5	275.	279. (13.)	300. (10.)	-8.	-8. (2.)	-2. (2.)
1788.35644	4	8 5 3	8 4 4	1.04E-02	2 -.7	765.	769. (9.)	895. (32.)	-51.	-51. (3.)	-54. (2.)
1788.61387	4	10 1 9	10 0 10	5.18E-03	2 -2.8	355.	355. (8.)	406. (28.)	-51.	-51. (5.)	-53. (2.)
1789.87846	3	10 2 9	10 1 10	1.53E-02	2 -3.9	355.	359. (19.)	403. (12.)	-17.	-17. (2.)	-12. (1.)
1790.00770	3	11 2 9	11 1 10	4.20E-03	3 -2.3	410.	404. (7.)	441. (11.)	-110.	-110. (2.)	-119. (3.)
1790.95178	2	8 2 7	7 1 6	7.22E-01	2 -.5	695.	695. (17.)	774. (6.)	41.	41. (3.)	49. (3.)
1792.33064	3	11 4 8	11 3 9	8.90E-04	2 4.1	420.			96.		
1792.65931	3	4 3 2	3 2 1	2.41E+00	1 -.2	905.	905. (9.)	974. (14.)	4.	4. (2.)	-3. (1.)
1792.92999	3	7 5 2	7 4 3	6.15E-02	2 -1.9	715.	715. (17.)	827. (17.)	-27.	-27. (13.)	-31. (16.)
1795.09950	2	6 5 1	6 4 2	3.29E-02	2 -1.4	680.	684. (17.)	784. (7.)	-33.	-33. (6.)	-33. (4.)
1795.80189	3	5 5 0	5 4 1	1.06E-01	2 -2.4	670.	668. (7.)	755. (20.)	-54.	-54. (4.)	-62. (4.)
1796.02647	2	5 5 1	5 4 2	3.52E-02	2 -2.8	685.	685. (7.)	766. (11.)	-55.	-55. (5.)	-51. (14.)
1796.13245	2	6 5 2	6 4 3	9.73E-02	2 -2.8	640.	640. (25.)	729. (6.)	-46.	-46. (4.)	-51. (2.)
1796.29753	3	7 5 3	7 4 4	2.07E-02	2 -.5	640.	640. (14.)	701. (13.)	-54.	-54. (1.)	-58. (16.)
1796.47315	5	12 5 8	11 6 5	1.78E-04	5 10.6	530.			-88.		
1796.92439	2	8 5 4	8 4 5	3.07E-02	3 -1.1	620.	620. (20.)	700. (11.)	-56.	-56. (4.)	-58. (4.)
1798.13384	5	11 3 9	11 2 10	1.36E-03	2 -1.5	360.	353. (6.)	384. (10.)	22.	22. (5.)	37. (7.)
1798.59091	3	9 5 5	9 4 6	4.33E-03	2 .7	568.	565. (10.)	635. (5.)	-51.	-51. (2.)	-53. (11.)
1799.61558	1	4 3 1	3 2 2	7.68E-01	1 .9	860.	860. (12.)	958. (5.)	22.	17. (3.)	18. (3.)
1801.32446	3	11 0 11	10 1 10	2.47E-01	3 .5	220.	230. (20.)	250. (55.)	-21.	-21. (3.)	-17. (2.)
1801.36212	5	11 1 11	10 0 10	8.35E-02	3 1.9	220.	220. (25.)	254. (12.)	-17.	-17. (2.)	-14. (2.)
1801.37959	5	12 6 7	11 7 4	5.67E-05	6 -1.5	345.					
1801.92946	3	10 5 6	10 4 7	4.59E-03	2 .0	530.	534. (14.)	547. (31.)	-10.	-10. (3.)	1. (7.)
1802.47968	3	9 1 8	8 2 7	3.65E-01	1 -1.8	464.	464. (5.)	527. (7.)	-67.	-67. (2.)	-75. (2.)
1803.36740	2	5 5 1	6 2 4	8.60E-06	10 -4.2	710.					
1803.78609	9	12 6 6	11 7 5	1.90E-05	10 -1.7	355.					
1804.61013	2	5 4 1	6 1 6	7.90E-05	1 4.2	760.					
1805.14638	2	5 3 2	5 0 5	3.11E-02	2 -2.0	900.	895. (15.)	1008. (10.)	51.	53. (4.)	65. (7.)
1805.92619	4	13 3 10	13 2 11	1.82E-04	2 .9	438.			-158.		
1807.05926	4	12 7 6	11 8 3	1.55E-05	4 .8	258.					
1807.23455	5	12 7 5	11 8 4	4.82E-06	15 -6.2	258.					
1807.47948	5	11 5 7	11 4 8	4.62E-04	2 -1.0	470.			44.		
1807.70327	4	9 2 8	8 1 7	1.33E-01	3 5.7	536.	536. (5.)	620. (12.)	47.	47. (4.)	62. (3.)
1808.37200	6	12 4 9	12 3 10	6.85E-04	1 -1.5	340.	341. (12.)	369. (15.)	83.	83. (4.)	112. (2.)
1808.65476	4	11 1 10	11 0 11	5.03E-03	2 2.9	280.	282. (8.)	293. (23.)	-32.	-32. (4.)	-33. (1.)
1809.29490	2	11 2 10	11 1 11	1.68E-03	2 3.4	283.	288. (7.)	311. (1.)	-22.	-22. (3.)	-18. (2.)
1810.62815	3	5 3 3	4 2 2	5.04E-01	1 -2.0	876.	876. (6.)	985. (7.)	7.	7. (3.)	7. (3.)
1812.28213	3	9 2 7	8 3 6	1.11E-01	2 1.8	683.	688. (17.)	805. (60.)	-143.	-143. (71.)	-167. (83.)
1812.68627	2	6 4 2	7 1 7	1.79E-05	10 14.0	700.					
1813.05041	7	12 2 10	12 1 11	3.75E-04	2 1.8	310.	308. (12.)	346. (10.)	-89.	-89. (5.)	-101. (6.)
1813.37876	4	13 6 7	13 5 8	3.94E-05	2 .6	690.			-98.		
1814.40719	5	15 4 11	15 3 12	4.20E-06	5 .9	470.			82.		
1814.94648	8	13 5 9	12 6 6	1.46E-05	2 1.4	580.			-113.		
1815.56806	4	12 5 8	12 4 9	3.71E-04	2 .3	404.	401. (8.)	437. (8.)	89.	89. (2.)	117. (5.)
1816.65577	2	12 5 7	11 6 6	6.00E-05	3 -.4	537.			65.		
1817.15170	4	11 4 7	10 5 6	1.60E-03	2 .7	680.	676. (16.)	768. (28.)	64.	64. (6.)	90. (5.)
1817.45168	2	12 0 12	11 1 11	3.25E-02	2 -.6	150.	152. (9.)	165. (5.)	-21.	-21. (5.)	-30. (8.)
1817.46881	5	12 1 12	11 0 11	9.90E-02	2 .9	156.	154. (4.)	180. (8.)	-22.	-22. (3.)	-28. (2.)
1817.67283	7	12 3 10	12 2 11	1.10E-03	3 1.8	282.	282. (2.)	324. (10.)	2.	2. (3.)	14. (1.)
1818.20472	5	8 6 3	9 3 6	3.10E-06	15 12.6	758.					
1821.37402	5	10 3 7	9 4 6	4.55E-03	2 1.4	682.	673. (11.)	754. (14.)	-63.	-63. (3.)	-74. (5.)
1822.76062	3	10 1 9	9 2 8	5.70E-02	1 -.5	362.	362. (6.)	405. (8.)	-48.	-48. (2.)	-55. (2.)
1824.91407	13	12 6 6	12 5 7	5.40E-05	4 3.6	700.			-122.		
1825.20154	2	6 3 4	5 2 3	8.82E-01	1 -2.0	872.	872. (7.)	988. (15.)	6.	6. (2.)	6. (3.)
1825.34876	3	10 2 9	9 1 8	1.72E-01	1 -.5	401.	401. (7.)	458. (6.)	34.	34. (4.)	50. (1.)
1825.97420	3	13 4 10	13 3 11	5.38E-05	2 -.1	280.			72.		
1826.25195	8	13 5 9	13 4 10	2.85E-05	3 -.3	345.			118.		
1827.97649	2	7 4 3	8 1 8	1.54E-05	4 .3	685.					
1828.20793	6	12 1 11	12 0 12	4.80E-04	2 .9	224.	224. (2.)	260. (3.)	-23.	-23. (3.)	-20. (1.)
1828.53175	2	12 2 11	12 1 12	1.45E-03	2 1.7	240.	242. (7.)	273. (14.)	-21.	-21. (2.)	-15. (7.)
1828.93414	40	14 5 10	13 6 7	7.91E-06	15 -13.8	630.			-127.		
1829.13028	3	5 2 3	4 1 4	4.17E-01	1 -1.4	935.	928. (15.)	1043. (7.)	41.	41. (5.)	49. (3.)
1829.91341	6	13 6 7	12 7 6	1.30E-05	15 -28.5	290.					
1830.13200	2	5 3 2	4 2 3	1.25E+00	1 -1.8	845.	845. (3.)	955. (7.)	29.	29. (4.)	30. (4.)
*1830.99314	7	12 9 4	11 10 1	7.28E-07	15 -4.3	140.					
1831.89726	16	14 3 11	14 2 12	1.19E-05	10 -1.5	400.			-141.		

Table 2. continued

computed position	un	upper				lower				observed strength	ts	(o-c) \pm	air		N_2		air		N_2	
		J	K _a	K _c		J	K _a	K _c					b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(sm)	d°(obs.)	d°(obs.)	d°(obs.)	
1833.27841	2	13	0	13	12	1	12		3.60E-02	2	1.3		121.	112.(-8.)	123.(-4.)	-20.	-20.(1.)	-20.(3.)		
1833.28625	5	13	1	13	12	0	12		1.20E-02	2	1.3		121.	128.(-7.)	142.(-9.)	-22.	-22.(6.)	-18.(9.)		
1834.14912	5	11	6	5	11	5	6		5.55E-04	1	.5		680.	690.(-26.)	770.(-15.)	-121.	-121.(12.)	-125.(12.)		
1834.77804	5	13	2	11	13	1	12		2.74E-04	2	2.0		237.	235.(-4.)	266.(-27.)	-66.	-66.(3.)	-67.(34.)		
1835.89297	3	6	3	3	6	0	6		4.65E-03	1	.8		880.	874.(-16.)	953.(-8.)	31.	29.(4.)	31.(4.)		
1837.18093	3	7	3	5	6	2	4		1.68E-01	3	1.2		833.	831.(-19.)	945.(-13.)	-5.	-5.(2.)	-1.(4.)		
1837.34671	8	13	3	11	13	2	12		8.50E-05	5	-3.8		232.			-10.				
1837.36058	2	3	3	1	2	0	2		7.58E-03	2	.5		955.			77.				
1838.56688	3	7	5	2	8	2	7		1.01E-05	5	-1.3		758.							
1839.74657	4	8	5	3	9	2	8		1.10E-06	10	-21.0		683.							
1840.29815	5	10	6	4	10	5	5		5.65E-04	2	-.8		635.	635.(-15.)	752.(-9.)	-123.	-123.(6.)	-129.(4.)		
1842.13068	1	11	1	10	10	2	9		6.95E-02	2	-1.8		272.	276.(-7.)	299.(-16.)	-39.	-39.(4.)	-42.(6.)		
1842.16717	5	10	2	8	9	3	7		1.75E-02	2	.9		633.			-172.				
1843.39436	4	11	2	10	10	1	9		2.36E-02	2	-.2		299.	300.(-9.)	334.(-4.)	11.	11.(2.)	18.(2.)		
1843.71598	9	9	6	3	9	5	4		4.54E-03	4	-.1		585.			-108.				
1844.18061	2	4	4	1	3	3	0		1.91E+00	1	-2.7		702.	702.(-4.)	794.(-6.)	-33.	-33.(2.)	-37.(4.)		
1844.39927	3	4	4	0	3	3	1		6.36E-01	1	-2.8		698.	698.(-8.)	787.(-56.	-28.	-28.(3.)	-26.(5.)		
1844.56794	5	14	4	11	14	3	12		3.62E-05	10	6.6		227.							
1845.23063	5	8	6	2	8	5	3		3.35E-03	2	-1.1		570.	570.(-4.)	709.(-71.)	-92.	-92.(11.)	-34.(17.)		
1845.33028	3	6	6	0	6	5	1		7.33E-03	2	.8		580.			-70.				
1845.36395	3	6	6	1	6	5	2		2.17E-02	3	-.6		490.	490.(-25.)	606.(-51.)	-52.	-55.(20.)	-83.(33.)		
1845.59802	2	7	6	1	7	5	2		1.75E-02	3	-3.5		568.	564.(-8.)	618.(-20.)	-81.	-81.(4.)	-91.(4.)		
1845.78396	4	7	6	2	7	5	3		5.95E-03	2	-1.5		527.	527.(-9.)	590.(-30.)	-76.	-77.(2.)	-88.(4.)		
1845.94901	3	9	6	4	9	5	5		1.53E-03	4	1.2		580.			-73.				
1845.95707	5	8	6	3	8	5	4		1.02E-02	2	.5		571.	575.(-28.)	650.(-26.)	-77.	-86.(64.)	-80.(4.)		
1845.98624	4	10	6	5	10	5	6		1.71E-03	2	.6		540.			-76.				
1846.10267	16	14	6	9	13	7	6		3.16E-06	15	-28.2		210.							
1846.46693	6	11	6	6	11	5	7		1.78E-04	5	-2.2		505.	508.(-21.)	540.(-20.)	-80.	-79.(16.)	-105.(23.)		
1847.37882	5	13	1	12	13	0	13		3.85E-04	4	.9		210.	216.(-8.)	221.(-22.)	-20.	-20.(1.)	-12.(6.)		
1847.54355	2	13	2	12	13	1	13		1.28E-04	4	.8		210.			-20.				
1847.78275	3	8	3	6	7	2	5		2.54E-01	0	-2.5		793.	793.(-6.)	885.(-4.)	21.	21.(3.)	26.(2.)		
1847.91243	5	12	6	7	12	5	8		1.51E-04	2	-.3		437.			-82.				
*1848.81510	5	14	1	14	13	0	13		1.60E-02	3	2.4		97.	96.(-8.)	105.(-14.)	-45.	-45.(9.)	-47.(4.)		
1850.86993	5	13	6	8	13	5	9		1.18E-05	7	-3.3		357.			-72.				
1851.84712	3	13	5	8	12	6	7		5.26E-05	3	.9		562.			97.				
1852.40497	2	5	4	1	5	1	4		7.65E-03	2	1.3		870.	880.(-9.)	964.(-28.)	42.	42.(2.)	45.(5.)		
1853.23167	3	5	5	0	6	2	5		8.65E-06	3	-5.7		710.							
1854.12158	3	4	4	0	4	1	3		8.65E-04	2	2.5		890.	888.(-20.)	973.(-25.)	50.	51.(7.)	71.(4.)		
1854.38788	60	15	5	11	15	4	12		9.13E-07	15	-15.9		240.			136.				
1855.50527	5	14	2	12	14	1	13		1.99E-05	3	-.2		175.	177.(-15.)	200.(-13.)	-53.	-53.(1.)	-33.(4.)		
1855.79907	15	14	6	9	14	5	10		7.65E-06	3	-1.0		298.			-46.				
1855.94694	6	15	3	12	15	2	13		6.70E-06	3	-.5		370.			-132.				
1856.25968	2	6	4	2	6	1	5		3.38E-03	2	-.4		825.	823.(-10.)	928.(-23.)	40.	39.(3.)	43.(3.)		
1856.91720	5	14	3	12	14	2	13		6.00E-05	3	1.1		193.	193.(-6.)	224.(-8.)	-20.	-20.(4.)	-11.(5.)		
1857.62558	5	12	4	8	11	5	7		1.84E-04	2	.7		580.	584.(-12.)	651.(-19.)	34.	34.(6.)	70.(5.)		
1857.92501	50	14	6	8	13	7	7		1.30E-06	15	-11.6		232.							
1858.51904	2	9	3	7	8	2	6		4.24E-02	2	.4		750.	750.(-15.)	860.(-12.)	53.	53.(3.)	55.(3.)		
1859.70361	3	11	3	8	10	4	7		5.65E-03	1	.1		647.	645.(-21.)	725.(-29.)	-149.	-149.(5.)	-171.(4.)		
1860.91635	6	12	1	11	11	2	10		8.94E-03	1	2.4		205.	208.(-18.)	227.(-19.)	-33.	-33.(5.)	-33.(4.)		
1861.53159	2	12	2	11	11	1	10		2.66E-02	2	1.5		218.	223.(-4.)	243.(-8.)	-10.	-10.(2.)	-3.(4.)		
*1864.05585	5	15	0	15	14	1	14		4.66E-03	2	-.5		75.	80.(-7.)	89.(-3.)	-28.	-28.(3.)	-27.(1.)		
1866.23148	4	14	1	13	14	0	14		3.00E-05	5	-.6		177.			-18.				
1866.31618	3	14	2	13	14	1	14		9.02E-05	4	-.3		205.			-21.				
1866.38083	3	6	3	3	5	2	4		1.82E-01	2	-1.4		847.	847.(-11.)	955.(-11.)	45.	45.(4.)	51.(3.)		
1867.85277	3	5	4	2	4	3	1		3.94E-01	1	.8		765.	768.(-7.)	890.(-17.)	-23.	-23.(2.)	-25.(2.)		
1867.92511	2	7	4	3	7	1	6		7.57E-03	2	.2		783.			48.				
1868.05402	3	4	3	2	3	0	3		6.02E-02	2	.2		955.	955.(-12.)	1033.(-23.)	84.	84.(2.)	76.(8.)		
1868.72737	3	11	2	9	10	3	8		2.09E-02	1	-2.0		475.	475.(-25.)	508.(-51.)	-184.	-184.(10.)	-215.(108.)		
1869.34560	2	5	4	1	4	3	2		1.15E+00	1	-1.6		737.	737.(-5.)	825.(-12.)	-25.	-25.(2.)	-29.(3.)		
1870.80486	5	10	3	8	9	2	7		5.71E-02	4	2.0		680.	675.(-30.)	768.(-24.)	72.	72.(1.)	92.(4.)		
1875.46504	8	15	2	13	15	1	14		1.20E-05	2	-1.5		155.	165.(-9.)	171.(-17.)	-48.	-39.(31.)	-51.(25.)		
1876.23893	11	15	3	13	15	2	14		4.00E-06	6	-1.0		170.			-26.				
1876.63172	2	7	3	4	7	0	7		3.90E-03	2	-1.0		880.	880.(-16.)	968.(-27.)	7.	7.(2.)	10.(2.)		
*1879.01941	10	16	1	16	15	0	15		1.28E-03	2	-.1		61.	68.(-15.)	78.(-16.)	-43.	-43.(2.)	-41.(1.)		
1879.29777	3	13	1	12	12	2	11		8.75E-03	2	.1		162.	163.(-18.)	170.(-15.)	-33.	-33.(3.)	-29.(3.)		
1879.59885	3	13	2	12	12	1	11		2.96E-03	3	1.5		168.	166.(-9.)	180.(-5.)	-24.	-24.(2.)	-17.(4.)		
1882.87197	15	16	4	13	16	3	14		1.07E-06	15	-4.4		150.			20.				
1884.56513	2	6	2	4	5	1	5		4.91E-02	2	-.5		915.	915.(-20.)	1040.(-30.)	26.	26.(3.)	33.(3.)		
1884.80823	5	15	1	14	15	0	15		2.05E-05	2	-1.9		147.			-16.				
1884.85241	6</																			

Table 2. continued

computed position	un	upper				lower				observed strength	ts	air		N ₂		air		N ₂	
		J	K _a	K _c		J	K _a	K _c				(o-c) %	b ^o (sm)	b ^o (obs.)	b ^o (obs.)	d ^o (sm)	d ^o (obs.)	d ^o (obs.)	
*1893.71711	5	7	7	0	7	6	1		4.48E-03	3	-1.9	440.				-98.			
1894.35714	8	11	7	4	11	6	5		1.70E-04	2	-1.	430.				-122.			
1894.65364	3	8	7	1	8	6	2		8.43E-04	3	-6.	458.	441.(6.)	516.(142.)	-118.	-116.(10.)	-85.(43.)		
1894.68373	6	8	7	2	8	6	3		2.53E-03	2	-5.	458.	459.(8.)	508.(54.)	-100.	-95.(6.)	-91.(3.)		
1895.19736	2	6	4	2	5	3	3		2.00E-01	3	-2.3	728.	723.(17.)	826.(5.)	-11.	-11.(4.)	-10.(5.)		
1895.24445	3	9	7	2	9	6	3		1.26E-03	2	-1.0	468.				-105.			
1895.26265	7	10	7	3	10	6	4		1.72E-04	2	1.6	460.				-100.			
1895.37941	4	9	7	3	9	6	4		4.25E-04	2	.2	472.				-98.			
1895.51361	3	12	3	9	11	4	8		6.95E-04	2	.7	575.				-210.			
1895.52405	3	12	7	6	12	6	7		5.10E-05	4	4.4	478.				-96.			
1895.73836	7	10	7	4	10	6	5		5.06E-04	1	-.3	485.	482.(30.)	522.(30.)	-96.	-94.(4.)	-104.(52.)		
1895.75386	4	11	7	5	11	6	6		5.81E-05	2	2.6	490.				-96.			
1897.37245	6	14	1	13	13	2	12		8.88E-04	2	.8	122.	122.(7.)	135.(15.)	-39.	-39.(3.)	-36.(1.)		
1897.52129	3	14	2	13	13	1	12		2.65E-03	2	.3	124.	127.(9.)	131.(14.)	-31.	-31.(3.)	-26.(3.)		
1898.66586	4	13	4	9	12	5	8		1.65E-04	1	-2.3	512.	515.(4.)	577.(10.)	-60.	-60.(5.)	-66.(3.)		
1901.75954	7	12	3	10	11	2	9		7.73E-03	2	-.4	437.	430.(12.)	471.(20.)	74.	74.(4.)	98.(2.)		
1903.16433	13	16	2	15	16	1	16		3.16E-06	15	-29.8	180.				-24.			
1904.35493	3	5	3	3	4	0	4		2.35E-02	2	.9	930.	922.(12.)	1005.(60.)	47.	47.(1.)	52.(2.)		
1904.76080	2	4	4	1	4	1	4		5.18E-04	1	3.3	918.	876.(88.)	957.(96.)	49.	52.(5.)	47.(24.)		
1907.95904	2	7	4	4	6	3	3		9.80E-02	2	-1.2	822.	822.(6.)	925.(11.)	-6.	-6.(2.)	-5.(3.)		
*1908.12840	32	18	1	18	17	0	17		7.00E-05	3	-3.7	53.				-36.			
1909.96388	2	7	3	4	6	2	5		1.90E-01	2	-2.0	855.	855.(20.)	961.(20.)	43.	43.(3.)	53.(3.)		
1913.59956	29	17	2	15	17	1	16		6.18E-07	15	46.9	130.				-37.			
1914.58172	4	13	2	11	12	3	10		2.37E-03	2	-1.9	265.	267.(8.)	292.(5.)	-101.	-101.(2.)	-113.(1.)		
1915.19562	5	15	1	14	14	2	13		7.35E-04	3	1.5	97.	97.(8.)	106.(8.)	-39.	-39.(2.)	-35.(2.)		
1915.27037	5	15	2	14	14	1	13		2.46E-04	2	1.9	88.	86.(5.)	103.(6.)	-39.	-39.(3.)	-37.(2.)		
1918.00673	2	5	5	1	4	4	0		2.33E-01	5	-3.3	567.	567.(8.)	650.(25.)	-60.	-56.(30.)	-77.(45.)		
1918.03536	3	5	5	0	4	4	1		7.08E-01	4	-2.0	562.	562.(7.)	625.(15.)	-67.	-67.(4.)	-42.(22.)		
1919.51338	7	13	3	11	12	2	10		8.10E-04	2	-.2	298.	294.(4.)	337.(12.)	43.	43.(3.)	61.(1.)		
1919.68674	4	9	4	5	9	1	8		9.66E-04	1	-.7	761.	761.(11.)	875.(13.)	66.	65.(6.)	76.(10.)		
1921.25481	20	17	1	16	17	0	17		7.57E-07	15	-4.3	95.				-7.			
*1922.29384	52	19	0	19	18	1	18		1.65E-05	10	8.8	50.				-29.			
1922.34084	2	8	4	5	7	3	4		1.26E-01	2	-2.3	820.	817.(15.)	925.(9.)	-20.	-20.(2.)	-22.(3.)		
1923.16046	2	7	4	3	6	3	4		2.69E-01	0	-3.1	722.	722.(13.)	812.(4.)	14.	14.(3.)	18.(3.)		
1925.06982	3	5	4	2	5	1	5		2.73E-04	1	3.1	850.	869.(28.)	914.(7.)	44.	41.(21.)	40.(3.)		
1926.72595	5	8	3	5	8	0	8		2.74E-04	2	-.6	880.	885.(17.)	943.(19.)	17.	20.(10.)	17.(11.)		
1927.85952	3	13	3	10	12	4	9		6.57E-04	2	-.6	488.	488.(8.)	549.(10.)	-244.	-244.(5.)	-286.(4.)		
1930.86852	11	15	5	10	14	6	9		3.05E-06	5	2.7	610.				110.			
1932.80268	9	16	1	15	15	2	14		5.96E-05	2	-.8	78.	78.(5.)	86.(6.)	-43.	-43.(6.)	-40.(1.)		
1932.84086	7	16	2	15	15	1	14		1.84E-04	2	2.0	70.	71.(5.)	76.(2.)	-43.	-43.(4.)	-41.(0.)		
1933.16536	4	9	4	6	8	3	5		1.70E-02	2	-2.1	830.	835.(21.)	915.(30.)	-42.	-42.(2.)	-49.(0.)		
1935.32453	4	14	2	12	13	3	11		2.28E-04	1	.1	202.	202.(2.)	230.(5.)	-77.	-77.(4.)	-82.(3.)		
*1936.21820	101	20	1	20	19	0	19		3.49E-06	15	19.2	52.				-25.			
1937.22029	4	8	5	3	8	2	6		2.64E-04	2	1.7	772.	769.(55.)	884.(37.)	10.	14.(20.)	-13.(2.)		
1937.94648	4	14	3	12	13	2	11		6.81E-04	3	-.8	222.	222.(4.)	250.(4.)	8.	8.(3.)	19.(3.)		
1938.70980	9	14	4	10	13	5	9		1.47E-05	7	-5.0	470.				-88.			
1939.12449	3	9	5	4	9	2	7		5.28E-04	2	-.2	730.	727.(10.)	835.(1.)	68.	69.(6.)	78.(11.)		
*1940.26746	6	8	8	1	8	7	2		5.57E-04	2	-1.6	377.	379.(6.)	438.(2.)	-124.	-125.(8.)	-146.(3.)		
1941.62747	5	10	4	7	9	3	6		1.96E-02	2	-1.2	754.	754.(11.)	818.(16.)	-36.	-36.(4.)	-37.(12.)		
1941.75727	3	7	5	2	7	2	5		7.58E-04	1	1.6	795.				-3.			
1941.82831	5	9	8	1	9	7	2		2.70E-04	3	-3.8	352.				-74.			
1941.83267	10	9	8	2	9	7	3		9.52E-05	5	1.8	352.				-74.			
1942.51607	2	6	5	2	5	4	1		3.71E-01	1	-3.8	622.	622.(10.)	708.(14.)	-69.	-69.(3.)	-78.(3.)		
1942.76526	2	6	5	1	5	4	2		1.27E-01	2	-1.1	595.	595.(9.)	683.(10.)	-63.	-63.(4.)	-74.(2.)		
1943.13987	8	10	8	2	10	7	3		4.11E-05	2	-1.1	320.				-80.			
1943.16310	10	10	8	3	10	7	4		1.24E-04	2	-.6	320.				-80.			
1944.03760	7	13	8	5	13	7	6		3.33E-06	3	-.4	280.				-99.			
1944.07065	5	11	8	3	11	7	4		4.45E-05	2	.8	300.				-87.			
1944.16129	5	11	8	4	11	7	5		1.50E-05	5	2.0	300.				-87.			
1944.45035	7	12	8	4	12	7	5		4.20E-06	7	-3.9	290.				-93.			
1944.55974	50	14	8	7	14	7	8		8.36E-07	15	12.4	270.				-103.			
1944.74648	9	12	8	5	12	7	6		1.35E-05	5	3.0	290.				-93.			
1944.87286	20	13	8	6	13	7	7		1.03E-06	10	-7.6	280.				-99.			
1945.34017	2	7	2	5	6	1	6		4.93E-02	2	.5	848.	853.(11.)	949.(35.)	37.	37.(4.)	46.(7.)		
1946.36431	2	6	3	4	5	0	5		4.96E-02	1	.0	845.	845.(25.)	941.(60.)	51.	51.(4.)	58.(7.)		
1949.24981	2	11	4	8	10	3	7		2.36E-03	2	-.2	678.	675.(11.)	756.(25.)	36.	36.(2.)	50.(6.)		
1949.43208	3	10	5	5	10	2	8		7.70E-05	4	-.3	690.	691.(19.)	735.(147.)	98.	103.(32.)	111.(111.)		
1950.10619	2	6	5	1	6	2	4		1.60E-04	1	3.6	808.	791.(25.)	870.(30.)	3.	-1.(6.)	9.(1.)		
1950.22036	7	17	1	16	16	2	15		4.08E-05	2	.2	56.	52.(5.)	56.(4.)	-44.	-44.(3.)	-44.(3.)		
1950.24008	11	17	2	16	16	1	15		1.35E-05	3	-.8	52.	58.(8.)	54.(5.)	-43.	-43.(6.)	-40.(3.)		
1951.12911	3	6	4	3	6	1	6		6.23E-04	1	.7	796.	804.(14.)	878.(4.)	38.	35.(6.)	40.(1.)		
1954.9958																			

Table 2. continued

computed position	un	upper		lower		observed strength	air		N ₂		air		N ₂			
		J	K _a	K _c	J	K _a	K _c	t _s	(o-c)t	b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(sm)	d°(obs.)	d°(obs.)	
1960.71982	5	10	4	6	10	1	9	6.35E-05	1	-1.	760.			77.		
1961.18139	5	8	3	5	7	2	6	1.87E-02	2	-1.0	860.	863.(12.)	953.(44.)	45.	45.(6.)	53.(3.)
1966.26124	3	7	5	3	6	4	2	6.16E-02		-6.	682.	682.(12.)	754.(27.)	-64.	-64.(3.)	-66.(4.)
1967.44231	3	7	5	2	6	4	3	1.84E-01	2	.3	600.	608.(11.)	708.(11.)	-64.	-64.(5.)	-70.(4.)
1968.17070	2	13	4	10	12	3	9	2.35E-04	2	-.3	567.	547.(25.)	606.(61.)	123.	123.(15.)	166.(83.)
1969.23965	4	11	5	6	11	2	9	6.70E-05	1	.2	700.	748.(133.)	785.(79.)	191.	187.(18.)	219.(110.)
1974.60884	35	16	2	14	15	3	13	1.30E-05	4	-2.6	127.	162.(15.)	159.(5.)	-58.	-58.(11.)	-53.(12.)
1975.34794	11	16	3	14	15	2	13	3.96E-05	2	-1.1	128.	128.(3.)	137.(6.)	-37.	-37.(1.)	-30.(2.)
1976.19825	3	5	4	2	4	1	3	3.02E-03	2	3.6	887.	883.(11.)	980.(21.)	53.	53.(5.)	65.(3.)
1976.34092	6	15	4	11	14	5	10	1.12E-05	5	-.8	428.			-103.		
1981.32806	4	14	4	11	13	3	10	1.91E-04	1	.2	428.	428.(15.)	510.(16.)	130.	130.(5.)	166.(0.)
1982.19772	5	15	3	12	14	4	11	4.45E-05	2	-1.2	258.	251.(12.)	290.(30.)	-180.	-180.(7.)	-230.(23.)
1983.02876	2	7	4	4	7	1	7	1.01E-04	1	.1	743.	741.(17.)	827.(95.)	62.	51.(16.)	79.(48.)
*1984.45515	9	9	9	0	9	8	1	5.45E-05	2	-2.5	327.	325.(33.)	383.(38.)	-131.	-134.(67.)	-133.(66.)
1984.50205	3	9	3	6	9	0	9	1.29E-04	1	-4.5	810.			23.		
1984.58135	42	19	1	18	18	2	17	1.80E-06	10	13.2	35.			-48.		
1984.58785	64	19	2	18	18	1	17	5.00E-07	10	-5.0	35.			-48.		
*1986.65831	7	10	9	2	10	8	3	3.23E-05	2	-1.0	310.	323.(24.)	330.(30.)	-90.	-91.(16.)	-99.(46.)
1987.34013	3	4	4	0	3	1	3	3.45E-04	4	2.2	915.	927.(28.)	1025.(19.)	50.	50.(10.)	47.(14.)
1988.39582	2	8	5	4	7	4	3	7.70E-02	2	-1.0	707.	707.(10.)	800.(8.)	-50.	-47.(2.)	-48.(3.)
*1988.63643	8	11	9	2	11	8	3	1.30E-05	10	1.9	280.			-94.		
1989.93216	2	5	5	1	5	2	4	2.85E-05	4	2.6	950.			30.		
1990.29192	40	12	9	3	12	8	4	1.02E-06	10	3.0	270.			-94.		
1990.30817	11	12	9	4	12	8	5	2.90E-06	7	-2.3	270.			-94.		
1991.88640	3	6	6	1	5	5	0	1.88E-01	5	-2.1	419.		469.(3.)	-81.		-88.(6.)
1991.88991	3	6	6	0	5	5	1	6.28E-02	5	-1.9	422.			-81.		
1992.38811	4	8	5	3	7	4	4	2.53E-02	3	-1.6	618.	624.(17.)	708.(17.)	-60.	-60.(7.)	-65.(6.)
1992.65038	4	9	4	5	8	3	6	3.15E-02	2	-3.2	760.	763.(25.)	840.(18.)	100.	100.(4.)	126.(3.)
1993.25783	3	7	3	5	6	0	6	8.72E-03	2	2.0	783.	786.(15.)	842.(26.)	57.	57.(3.)	71.(2.)
1993.93600	25	17	2	15	16	3	14	8.50E-06	7	2.1	99.			-53.		
1993.93263	14	17	3	15	16	2	14	2.80E-06	10	1.4	102.			-48.		
1996.81327	35	15	4	12	14	3	11	1.56E-05	3	2.0	297.			130.		
1998.92395	3	6	4	3	5	1	4	1.45E-02	2	1.0	872.	876.(18.)	950.(25.)	44.	44.(2.)	52.(1.)
1999.04614	5	12	5	7	12	2	10	4.73E-06	15	10.8	715.			198.		
1999.94585	2	6	5	2	6	2	5	1.61E-04	1	4.9	750.	746.(38.)	875.(38.)	18.	13.(5.)	44.(11.)
2005.47133	31	16	3	13	15	4	12	3.50E-06	10	7.2	200.			-152.		
2007.70022	3	9	5	5	8	4	4	9.73E-03	1	.0	758.	773.(17.)	862.(25.)	-61.	-61.(4.)	-63.(0.)
2009.33372	4	8	2	6	7	1	7	5.28E-03	2	1.4	792.	789.(16.)	854.(21.)	-11.	-11.(3.)	-4.(1.)
2011.02259	4	11	4	7	11	1	10	2.50E-05	4	-5.9	740.			89.		
2012.10410	85	18	2	16	17	3	15	6.96E-07	15	29.3	78.			-40.		
2012.31830	42	18	3	16	17	2	15	1.53E-06	10	-1.6	82.			-54.		
2013.90587	15	16	4	13	15	3	12	9.70E-06	5	-1.6	221.			123.		
2014.43321	3	7	5	3	7	2	6	4.88E-05	3	2.9	685.			6.		
2016.79796	4	7	6	2	6	5	1	3.00E-02	2	-1.3	467.	479.(20.)	548.(34.)	-124.	-124.(15.)	-104.(39.)
2016.83473	2	7	6	1	6	5	2	8.90E-02	2	-2.4	490.	490.(13.)	564.(15.)	-99.	-99.(7.)	-104.(13.)
2018.33745	3	9	5	4	8	4	5	2.80E-02	2	-1.3	599.	590.(25.)	685.(22.)	-37.	-37.(4.)	-37.(3.)
2019.07018	3	9	3	6	8	2	7	1.45E-02	2	-.9	822.	824.(17.)	912.(40.)	64.	64.(7.)	77.(1.)
2019.73114	9	12	6	6	12	3	9	1.97E-06	5	13.1	650.					
2019.92103	3	11	6	5	11	3	8	1.30E-05	5	4.0	675.					
2020.53476	2	8	4	5	8	1	8	9.68E-05	2	-5.5	693.	720.(41.)	814.(41.)	46.	53.(11.)	57.(10.)
2023.03009	3	10	5	6	9	4	5	9.65E-03	2	-1.3	790.	792.(12.)	899.(32.)	-70.	-70.(2.)	-76.(0.)
*2025.93765	15	10	10	1	10	9	2	4.50E-06	6	2.2	275.			-150.		
2026.60217	2	7	4	4	6	1	5	4.94E-03	2	2.3	823.	822.(15.)	913.(22.)	38.	38.(3.)	45.(2.)
2026.85408	4	10	6	4	10	3	7	7.13E-06	10	2.2	715.					
2027.02410	2	5	4	1	4	1	4	1.78E-03	2	3.0	881.	885.(12.)	970.(14.)	45.	45.(5.)	52.(9.)
2027.09599	31	17	3	14	16	4	13	1.46E-06	15	-25.3	150.			-128.		
2027.98977	4	13	6	7	13	3	10	1.30E-06	10	-10.5						
*2028.81199	5	11	10	1	11	9	2	2.60E-06	12	15.3	255.			-110.		
*2031.45135	14	12	10	3	12	9	4	6.65E-07	15	-12.5	246.			-120.		
2034.03271	2	8	5	4	8	2	7	7.86E-05	2	-1.4	620.			-3.		
2034.05610	5	11	5	7	10	4	6	9.95E-04	2	.2	783.	791.(31.)	862.(18.)	-83.	-83.(7.)	-97.(6.)
2037.50673	4	10	4	6	9	3	7	2.75E-03	2	.6	757.	764.(10.)	876.(25.)	115.	115.(6.)	143.(4.)
2038.09424	9	9	6	3	9	3	6	2.60E-05	3	3.1	780.					
2038.76276	4	13	5	8	13	2	11	1.75E-06	10	10.3	700.			197.		
2041.00960	53	17	4	13	16	5	12	4.66E-07	15	2.8	350.			-127.		
2041.28838	5	8	6	3	7	5	2	3.81E-02	2	-1.6	518.	517.(15.)	588.(19.)	-93.	-93.(5.)	-108.(5.)
2041.49552	5	8	6	2	7	5	3	1.27E-02	2	-1.6	537.	538.(20.)	578.(32.)	-88.	-88.(5.)	-99.(5.)
2041.51132	6	12	5	8	11	4	7	8.50E-04	3	1.1	700.			-88.		
2043.94903	3	8	3	6	7	0	7	1.08E-02	2	.3	705.	696.(12.)	781.(32.)	65.	65.(1.)	82.(1.)
2046.51581	3	10	5	5	9	4	6	2.98E-03	2	-.3	570.	570.(7.)	645.(8.)	16.	16.(3.)	25.(5.)
2046.79557	7	13	5	9	12	4	8	7.23E-05	2	-2.4	536.	522.(19.)	666.(133.)	-85.	-85.(43.)	-97.(97.)
2047.72671	5	10	3	7	10	0	10	5.10E-06	3	-12.0	730.			27.		
2050.98450	5	8	6	2	8	3	5	7.75E-06	3	4.6	810.					
2051.55618	40	14	5	10	13	4	9	5.45E-05	2	-.3	493.	545.(55.)	634.(63.)	75.	75.(37.)	57.(29.)
2057.41893	60	15	5	11	14	4	10	6.25E-06	15	40.9	462.			157.		
2059.09035	3	9	5	5	9	2	8	9.85E-06	2	-2.4	560.			-10.		
2060.48338	2	8	4	5	7	1	6	9.60E-03	2	1.4	770.	767.(16.)	870.(30.)	62.	62.(2.)	73.(1.)
2063.07688																

Table 2. continued

computed position	un	upper				lower				air		air		air				
		J	K _a	K _c		J	K _a	K _c		t	s	(o-c)t	b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(sm)	d°(obs.)	d°(obs.)
2063.11304	4	9	4	6	9	1	9		6.60E-06	3	-16.8	670.				37.		
*2064.85367	5	7	7	0	6	6	1		4.90E-02	4	-3.5	310.	310.(20.)	366.(46.)	-110.	-106.(41.)	-113.(2.)	
2065.01825	3	9	6	4	8	5	3		4.87E-03	3	-2.	562.	563.(19.)	616.(11.)	-98.	-98.(5.)	-113.(2.)	
2065.63911	11	16	5	12	15	4	11		2.25E-06	4	-12.0	427.			204.			
2065.84659	9	9	6	3	8	5	4		1.45E-02	1	-8.	542.	546.(15.)	621.(26.)	-100.	-100.(4.)	-108.(2.)	
2072.41402	3	6	6	0	6	3	3		1.90E-06	2	8.4	810.			0.			
2072.53999	2	6	4	2	5	1	5		5.03E-04	2	3.6	837.	831.(26.)	911.(17.)	50.	50.(10.)	54.(3.)	
2074.23540	3	9	2	7	8	1	8		4.78E-03	2	.2	708.	707.(16.)	786.(32.)	-42.	-42.(5.)	-42.(2.)	
2078.56807	3	11	5	6	10	4	7		2.38E-03	3	-1.	580.	584.(18.)	643.(15.)	95.	95.(12.)	143.(5.)	
2080.79515	3	5	5	0	5	0	5		9.10E-07	15	-23.5	778.						
2081.87346	5	10	3	7	9	2	8		1.15E-03	2	-3.	713.	712.(10.)	798.(11.)	43.	43.(6.)	65.(2.)	
2084.98399	3	6	6	1	6	3	4		3.66E-06	10	-3.3	750.						
2087.40768	4	10	6	5	9	5	4		4.86E-03	2	-1.0	600.	598.(13.)	674.(13.)	-111.	-111.(4.)	-123.(2.)	
2088.73637	4	7	6	2	7	3	5		2.80E-06	12	11.3	644.			-17.			
2089.63138	3	10	5	6	10	2	9		6.60E-06	3	-11.3	515.						
2089.74226	4	11	4	7	10	3	8		1.72E-03	3	-.4	748.	748.(15.)	857.(34.)	111.	111.(4.)	142.(11.)	
2090.02279	4	10	6	4	9	5	5		1.63E-03	1	.1	540.	545.(13.)	630.(49.)	-85.	-85.(13.)	-74.(9.)	
2090.10066	6	8	7	2	7	6	1		1.58E-02	2	-1.4	417.	429.(25.)	440.(40.)	-81.	-89.(11.)	-99.(50.)	
2090.10576	3	8	7	1	7	6	2		5.27E-03	2	-1.3	410.			-81.			
2090.36136	2	5	5	1	4	2	2		9.07E-05	3	6.3	850.	838.(84.)	881.(176.)	13.	13.(7.)	-29.(29.)	
2095.00789	5	8	6	3	8	3	6		6.70E-06	7	-5.4	758.						
2097.36710	2	9	3	7	8	0	8		1.28E-03	3	.2	617.	610.(8.)	683.(5.)	51.	51.(3.)	71.(4.)	
2100.43270	4	9	4	6	8	1	7		1.49E-03	2	2.1	680.	681.(10.)	776.(6.)	96.	96.(2.)	126.(3.)	
2104.69853	3	9	6	4	9	3	7		2.00E-06	15	33.8	683.						
2105.78077	3	5	5	0	4	2	3		2.04E-04	2	4.6	810.	801.(56.)	955.(29.)	19.	19.(4.)	36.(39.)	
2106.34656	2	6	5	2	5	2	3		6.81E-04	1	5.1	852.	855.(22.)	942.(16.)	16.	16.(5.)	22.(14.)	
2107.54642	5	11	6	6	10	5	5		4.87E-04	2	.2	637.	637.(13.)	727.(8.)	-116.	-116.(5.)	-138.(5.)	
2109.99670	5	10	4	7	10	1	10		2.40E-06	15	-32.4	651.			32.			
2113.92961	5	11	3	8	11	0	11		7.50E-07	12	-47.4	635.			32.			
2114.42562	3	11	6	5	10	5	6		1.45E-03	2	1.1	500.	499.(4.)	562.(13.)	-88.	-88.(4.)	-91.(5.)	
2114.98300	4	9	7	3	8	6	2		2.00E-03	3	-.3	452.	457.(10.)	543.(54.)	-96.	-103.(17.)	-32.(16.)	
2115.01602	3	9	7	2	8	6	3		5.98E-03	4	-.6	432.	431.(16.)	500.(40.)	-96.	-101.(10.)	-54.(34.)	
2116.22382	2	12	5	7	11	4	8		1.76E-04	3	1.4	600.	590.(12.)	679.(34.)	148.	148.(38.)	205.(5.)	
2121.26793	3	7	5	3	6	2	4		3.54E-04	2	3.9	830.	831.(25.)	935.(8.)	15.	-2.(15.)	15.(5.)	
2124.29003	5	12	6	7	11	5	6		3.85E-04	4	.3	655.	650.(16.)	748.(16.)	-136.	-136.(12.)	-146.(4.)	
2124.88680	2	7	4	3	6	1	6		7.58E-04	2	1.9	803.	809.(14.)	888.(7.)	52.	52.(5.)	65.(5.)	
*2136.14332	6	8	8	1	7	7	0		7.56E-03	4	-1.2	260.	256.(7.)	277.(6.)	-105.	-104.(4.)	-110.(1.)	
2136.67095	2	6	5	1	5	2	4		1.24E-04	2	6.0	730.			28.			
2136.71471	11	13	6	8	12	5	7		3.00E-05	5	-.3	650.			-146.			
2137.22310	2	8	5	4	7	2	5		1.18E-03	2	1.6	806.	798.(21.)	909.(21.)	17.	17.(8.)	28.(8.)	
2138.18844	5	10	2	8	9	1	9		4.50E-04	2	-.9	617.	617.(23.)	669.(9.)	-66.	-66.(8.)	-69.(2.)	
2139.32836	5	10	7	4	9	6	3		2.00E-03	2	-.6	460.	459.(11.)	516.(16.)	-107.	-107.(4.)	-117.(6.)	
2139.47904	6	10	7	3	9	6	4		6.74E-04	2	.6	452.	466.(16.)	510.(8.)	-118.	-118.(13.)	-128.(6.)	
2139.81422	10	12	6	6	11	5	7		1.23E-04	3	.6	442.	440.(7.)	513.(1.)	-50.	-50.(5.)	-43.(6.)	
2144.70963	15	14	6	9	13	5	8		1.90E-05	3	-1.2	602.			-157.			
2145.46700	5	10	4	7	9	1	8		1.55E-03	2	-.1	582.	585.(13.)	677.(9.)	130.	130.(4.)	169.(5.)	
2147.40553	3	11	3	8	10	2	9		7.57E-04	2	-.3	600.	600.(15.)	685.(9.)	-26.	-26.(2.)	-30.(15.)	
2148.34183	4	12	4	8	11	3	9		1.06E-04	2	1.5	701.	691.(59.)	806.(29.)	129.	129.(14.)	164.(23.)	
2151.41373	26	16	6	11	15	5	10		5.72E-07	15	-10.7	460.			-166.			
2152.55801	5	10	3	8	9	0	9		1.18E-03	2	-1.4	532.	527.(11.)	587.(14.)	39.	39.(6.)	59.(8.)	
2156.56407	3	9	5	5	8	2	6		3.30E-04	3	3.2	799.	816.(21.)	875.(75.)	57.	57.(7.)	53.(44.)	
2160.69609	3	13	5	8	12	4	9		9.20E-05	3	-.4	610.	673.(67.)	751.(29.)	210.	210.(105.)	212.(20.)	
*2161.72616	5	9	8	1	8	7	2		2.70E-03	4	-4.8	308.	310.(2.)	347.(16.)	-116.	-110.(3.)	-118.(4.)	
2162.88970	6	11	7	5	10	6	4		2.00E-04	3	.7	452.	450.(7.)	531.(8.)	-123.	-123.(6.)	-126.(9.)	
2163.43047	9	11	7	4	10	6	5		6.00E-04	3	.8	440.	436.(7.)	490.(12.)	-113.	-113.(1.)	-119.(2.)	
2167.34028	4	13	6	7	12	5	8		8.08E-05	2	.9	405.	404.(9.)	434.(20.)	39.	39.(14.)	39.(14.)	
2171.25571	3	7	5	2	6	2	5		3.47E-04	2	1.5	742.	743.(17.)	834.(11.)	36.	30.(13.)	48.(7.)	
2181.34393	3	10	5	6	9	2	7		5.70E-04	2	1.7	713.	721.(5.)	842.(15.)	85.	78.(14.)	91.(7.)	
2184.08814	2	5	5	1	4	0	4		6.55E-07	15	-39.1	938.			50.			
2185.21094	5	8	4	4	7	1	7		8.02E-05	4	-.7	840.						
2185.27811	4	12	7	6	11	6	5		1.59E-04	2	1.9	455.	459.(6.)	496.(24.)	-130.	-130.(20.)	-125.(24.)	
2186.89815	3	12	7	5	11	6	6		5.34E-05	3	3.2	430.			-105.			
2186.92044	10	10	8	3	9	7	2		7.05E-04	3	.8	310.			-100.			
2186.92527	8	10	8	2	9	7	3		2.35E-04	3	.8	330.			-100.			
2194.38113	4	11	4	8	10	1	9		1.49E-04	2	.6	530.			127.			
2198.47047	50	14	6	8	13	5	9		5.03E-06	3	3.4	372.			112.			
2200.30574	3	11	2	9	10	1	10		3.39E-04	2	-5.1	502.	492.(20.)	558.(8.)	-86.	-86.(2.)	-79.(4.)	
*2205.21741	9	9	9	0	8	8	1		8.72E-04	2	-1.0	200.	202.(8.)	216.(7.)	-98.	-97.(3.)	-101.(2.)	
2205.87823	20	13	7	7	12	6	6		1.24E-05	7	3.3	438.	424.(85.)	447.(89.)	-137.	-238.(238.)	-13.(13.)	
2208.73765	5	11	3	9	10	0	10		1.05E-04	2	-4.5	472.	470.(6.)	520.(33.)	26.	22.(31.)	37.(23.)	
2210.07025	3	13	7	6	12	6	7		3.77E-05	2	6.1	400.			-120.			
2210.52379	4	8	5	3	7	2	6		7.33E-05	2	3.3	718.			52.			
2211.53186	3	13	4	9	12	3	10		5.00E-05	4	.6	625.			78.			
2211.60564	5	11	8	4														

Table 2. continued

computed position	un	upper J K _a K _c	lower J K _a K _c	observed strength	ts	(o-c)%	air b ⁰ (sm)	air b ⁰ (obs.)	N ₂ b ⁰ (obs.)	air d ⁰ (sm)	air d ⁰ (obs.)	N ₂ d ⁰ (obs.)
2223.80776	18	14 7 8	13 6 7	7.70E-06	10	5.3	390.			-142.		
2225.15063	3	6 6 1	5 3 2	1.21E-05	4	11.4	832.			-82.		
2227.50933	2	6 5 2	5 0 5	3.93E-06	4	-13.3	908.			71.		
2229.99483	3	6 6 0	5 3 3	3.25E-06	4	3.2	773.			-53.		
*2231.13704	6	10 9 2	9 8 1	2.82E-04	2	-2.	250.	251. (17.)	285. (5.)	-103.	-97. (10.)	-110. (5.)
2234.72122	100	15 6 9	14 5 10	2.70E-06	10	23.3	345.			153.		
2235.64051	7	12 8 5	11 7 4	5.43E-05	3	4.2	400.	372. (37.)	437. (44.)	-88.	-124. (62.)	-129. (65.)
2235.74195	5	12 8 4	11 7 5	1.84E-05	4	5.9	400.			-58.		
2243.88170	4	7 6 2	6 3 3	8.50E-06	10	3.5	809.			-70.		
2246.03099	6	12 4 9	11 1 10	1.06E-04	1	.2	425.	425. (17.)	449. (4.)	117.	117. (10.)	151. (30.)
2249.85510	5	12 5 8	11 2 9	7.00E-05	5	1.1	522.			186.		
2254.60365	4	9 4 5	8 1 8	4.29E-05	3	-12.3	863.			12.		
2255.44577	3	9 5 4	8 2 7	8.50E-05	2	-3.7	695.			84.		
2256.45477	2	7 6 1	6 3 4	1.73E-05	3	-.8	750.			-32.		
*2256.61778	9	11 9 2	10 8 3	8.00E-05	2	.4	298.	298. (42.)	322. (12.)	-105.	-101. (2.)	-110. (2.)
2258.76724	5	8 6 3	7 3 4	3.60E-05	3	4.5	782.			-48.		
2258.84352	20	13 8 6	12 7 5	4.40E-06	7	12.4	380.			-102.		
2259.17921	7	13 8 5	12 7 6	1.20E-05	10	3.1	360.			-28.		
2260.54908	7	12 2 10	11 1 11	2.52E-05	2	-9.0	438.			-11.		
2265.31396	8	12 3 10	11 0 11	7.70E-05	2	-1.9	409.	531. (106.)	468. (47.)	-17.		
2269.68081	10	15 5 10	14 4 11	1.84E-06	15	18.2	550.			112.		
2270.77212	3	9 6 4	8 3 5	1.20E-05	5	-1.6	772.			-18.		
*2271.72348	15	10 10 1	9 9 0	7.10E-05	3	-5.4	158.	159. (16.)	185. (17.)	-113.	-109. (54.)	-98. (1.)
2277.17515	9	14 4 10	13 3 11	1.66E-06	15	-29.9	551.			-80.		
2278.05985	3	13 3 10	12 2 11	2.63E-05	3	-2.5	477.			-56.		
*2281.55529	5	12 9 4	11 8 3	2.00E-05	10	2.1	325.			-112.		
2281.78594	4	10 6 5	9 3 6	3.10E-05	5	.2	780.			20.		
2284.44793	5	8 6 2	7 3 5	5.60E-06	10	-5.1	720.			6.		
2292.24112	8	13 5 9	12 2 10	5.70E-06	7	9.7	445.			200.		
2294.10235	4	11 6 6	10 3 7	7.00E-06	12	3.4	702.			49.		
*2297.97776	4	11 10 1	10 9 2	2.03E-05	6	.8	206.			-113.		
2299.42239	3	13 4 10	12 1 11	6.94E-06	4	.8	377.			91.		
2310.06194	4	12 6 7	11 3 8	1.13E-05	15	12.1	733.			126.		
2314.89741	9	9 6 3	8 3 6	9.30E-06	3	-16.8	680.			32.		
2321.87630	6	13 3 11	12 0 12	4.67E-06	15	-13.0	360.			34.		
2340.40567	17	14 3 11	13 2 12	7.90E-07	15	-49.1	370.			-56.		
2471.12208	6	8 8 1	7 5 2	1.36E-06	15	9.5	611.			-70.		
2496.50442	10	9 8 2	8 5 3	5.76E-07	10	7.3	609.			-74.		
2497.24947	5	9 8 1	8 5 4	1.60E-06	3	-1.3	593.			-68.		
2520.21099	10	10 8 3	9 5 4	1.20E-06	3	-5.8	636.			-86.		
2523.88534	6	8 7 2	7 2 5	4.35E-07	10	-10.1	814.			23.		
2568.78987	5	10 7 4	9 2 7	1.04E-06	3	18.0	720.			62.		
2582.61837	9	9 9 1	8 6 2	1.72E-07	15	-23.0	534.			-65.		

Strengths in $\text{cm}^{-2}/\text{atm}$. at 296K, ts is the estimated uncertainty in the observed strength in percent, (o-c)% is the percent difference between the observed and computed strength. Computed strength derived from parameters given in ref. 13. Positions and un in cm^{-1} . un is the estimated uncertainty in the line positions $\times 10^5$. The computed values are derived from the energy levels given in Table 2 in ref 13 along with the estimated uncertainties in the levels.

*asterisks denote doubled absorptions with the quantum assignment given for the stronger transition.

The strength given represents the sum of the strengths of the two comparable transitions.

b⁰(sm) and d⁰(sm) are smoothed values derived from hand plots of the observed coefficients

Values given within parentheses are estimated uncertainties in the last digits.

Table 3. Line positions, strengths, air and N₂-broadened width coefficients, (HWHM) b°, and pressure-induced frequency shift coefficients, d°, for the (000)-(000) band of H₂¹⁶O. b° and d° in cm⁻¹/atm. × 10⁴ at 296 K.

computed position	un	upper J	K _a	K _c	lower J	K _a	K _c	observed strength	ts	(o-c) ts	-----air-----	-----N ₂ -----	-----air-----	-----N ₂ -----
								b°(sm)	b°(obs.)	b°(obs.)	d°(sm)	d°(obs.)	d°(obs.)	
590.33095	5	14	5	10	14	2	13	4.61E-05	4	-5.1				
591.69715	1	9	5	4	8	2	7	9.54E-02	5	-.5	695.		84.	
592.05390	5	10	6	5	9	3	6	4.16E-02	4	-.8	780.		20.	
594.08614	4	9	9	0	9	6	3	2.75E-05	8	-1.2	683.			
594.94765	0	8	6	2	7	3	5	2.19E-02	2	2.9	720.		6.	
596.28197	5	10	9	2	10	6	5	3.77E-05	5	6.8	617.			
596.37441	5	11	9	2	11	6	5	2.50E-05	5	3.8				
597.80559	0	6	6	1	6	1	6	4.50E-05	7	5.5	770.			
597.82302	4	11	9	3	11	6	6	8.97E-06	5	10.6				
597.88679	50	15	10	6	14	9	5	1.70E-05	10	-2.7	167.		-115.	
597.89983	50	15	10	5	14	9	6	5.25E-05	5	.2	167.		-115.	
598.88942	10	12	9	4	12	6	7	1.28E-05	10	7.7				
600.10351	2	12	4	9	11	1	10	5.60E-02	5	-2.4	425.		117.	
• 600.45872	84	14	12	3	13	11	2	4.00E-05	5	-10.8				
600.66203	9	16	6	10	15	5	11	3.22E-05	3	-3.7	321.		174.	
602.12327	36	16	9	8	15	8	7	2.28E-05	3	-.3	200.		-108.	
602.72808	23	16	9	7	15	8	8	7.67E-06	7	.3	200.		-108.	
604.44822	2	11	6	6	10	3	7	8.30E-03	15	-.9	702.	702. (68.)	512. (51.)	49.
605.86810	40	17	7	10	16	6	11	1.72E-05	6	33.3	320.		-23.	
606.71748	18	17	8	9	16	7	10	7.55E-06	10	-.5				
607.77898	2	8	7	1	8	2	6	3.85E-05	5	-5.8	700.		0.	
608.05337	5	13	3	10	13	0	13	1.56E-04	4	-1.9	490.		38.	
608.66641	2	9	7	2	9	2	7	1.90E-04	4	-.9	710.	773. (77.)	839. (84.)	69.
• 609.68084	282	14	13	2	13	12	1	1.53E-05	5	5.0	617.		69. (35.)	39. (20.)
610.17323	5	10	5	5	10	0	10	1.58E-04	5	1.2				
612.40438	0	7	7	0	7	2	5	3.70E-05	4	5.5				
• 612.63292	61	15	11	4	14	10	5	2.76E-05	4	7.3				
612.95006	1	7	5	3	6	0	6	5.23E-03	2	2.4	868.	849. (55.)	861. (66.)	66.
613.33178	7	15	4	11	15	1	14	1.44E-05	11	27.0				
614.57693	8	15	5	10	14	4	11	6.20E-04	5	-2.7	550.	555. (25.)	632. (18.)	112.
616.07267	0	9	4	5	8	1	8	4.18E-02	3	-1.1	863.	865. (33.)	998. (91.)	12.
616.40008	3	10	7	3	10	2	8	5.82E-05	4	.2	431.			
• 616.45074	282	14	14	1	13	13	0	5.25E-06	5	12.3				
619.19842	3	11	6	5	11	1	10	2.41E-04	5	-1.8	670.	637. (64.)	755. (76.)	108.
619.52491	4	13	4	10	13	1	13	5.27E-05	4	.8				
620.57700	2	12	6	7	11	3	8	1.22E-02	3	-1.5	733.	732. (9.)	850. (60.)	126.
620.65191	28	16	10	7	15	9	6	1.01E-05	10	7.6				
623.05160	63	17	9	9	16	8	8	1.34E-06	15	10.3				
624.56288	41	17	9	8	16	8	9	3.52E-06	3	-3.6				
• 624.81805	100	15	12	3	14	11	4	7.80E-06	5	-10.9				
625.26707	1	9	6	3	8	3	6	5.10E-02	4	3.7	680.	688. (147.)	815. (90.)	32.
626.32250	5	13	5	9	12	2	10	4.05E-03	4	-.5	445.	445. (4.)	532. (35.)	200.
629.71058	1	7	6	2	7	1	7	3.10E-05	8	-.9				
631.24136	4	11	7	4	11	2	9	1.06E-04	3	1.5	700.		21.	
632.76969	5	14	4	10	13	3	11	1.23E-03	3	-.5	551.	559. (16.)	605. (20.)	-80.
633.08971	5	12	2	10	11	1	11	1.85E-02	4	1.3	438.	447. (31.)	483. (25.)	-11.
* 634.59065	84	15	13	2	14	12	3	2.57E-06	10	-6.0				
635.39694	4	12	3	10	11	0	11	5.60E-02	5	2.2	409.	531. (106.)	490. (131.)	-17.
637.03397	1	7	7	1	6	4	2	3.08E-03	2	3.4	743.	750. (25.)	811. (46.)	-24.
638.08942	1	7	7	0	6	4	3	9.23E-03	3	2.7	718.	719. (61.)	800. (50.)	-36.
638.25589	7	15	5	11	15	2	14	4.79E-06	15	31.2				
639.97232	3	13	3	10	12	2	11	1.85E-02	3	1.1	477.	546. (104.)	600. (38.)	-56.
642.23156	3	13	6	8	12	3	9	1.68E-03	4	2.6	712.	730. (65.)	783. (66.)	163.
644.31998	4	10	5	5	9	2	8	1.36E-02	4	-1.8	722.	751. (75.)	844. (80.)	132.
645.60042	1	6	6	1	5	1	4	1.05E-03	3	14.7	888.	875. (15.)	975. (30.)	46.
650.92159	6	11	10	1	11	7	4	3.74E-06	15	13.6				
651.58021	5	13	4	10	12	1	11	6.05E-03	3	-.1	377.	375. (24.)	410. (35.)	91.
652.36880	36	17	6	11	16	5	12	1.50E-05	10	2.6	300.			171.
652.89730	7	12	7	5	12	2	10	1.52E-05	2	2.9				
653.96465	6	12	10	3	12	7	6	4.98E-06	15	87.6				
659.45296	2	8	7	2	7	4	3	1.43E-02	4	-.1	770.	787. (79.)	821. (89.)	-21.
662.88568	5	12	6	6	12	1	11	2.64E-05	6	.6				
662.94680	2	8	7	1	7	4	4	4.93E-03	3	1.7	715.	715. (55.)	800. (40.)	-34.
665.91336	4	14	3	11	14	0	14	1.25E-05	10	-9.2				
668.92320	1	8	5	4	7	0	7	1.33E-02	5	5.0	802.		61.	
670.11232	6	14	6	9	13	3	10	1.57E-03	5	.0	590.		174.	
671.36023	5	14	5	10	13	2	11	3.40E-03	3	.2	376.	394. (39.)	425. (18.)	162.
671.88534	5	11	5	6	11	0	11	1.30E-04	3	-4.3	681.	681. (68.)	877. (88.)	13.
672.50775	4	14	4	11	14	1	14	3.99E-05	3	-2.1	340.		28.	
673.28399	0	7	6	2	6	1	5	1.18E-03	4	-2.5	858.	850. (77.)	885. (12.)	11.
674.53145	14	16	5	11	15	4	12	3.80E-05	5	-1.6	483.		4.	

Table 3. continued

computed position	un	upper J	K _a	K _c	lower J	K _a	K _c	observed strength	t _s	(o-c)%	air b°(sm)	b°(obs.)	N ₂ b°(obs.)	air d°(sm)	d°(obs.)	N ₂ d°(obs.)
678.80772	3	9	7	3	8	4	4	4.49E-03	3	-1.	790.	781.(33.)	911.(40.)	-33.	-33.(3.)	-21.(8.)
681.05663	6	13	7	6	13	2	11	1.62E-05	5	11.3	524.		50.			
685.20594	0	7	7	1	7	2	6	4.26E-06	3	-3.1						
687.87938	2	9	7	2	8	4	5	1.37E-02	2	.3	652.	644.(26.)	743.(40.)	-53.	-52.(4.)	-60.(8.)
689.03700	3	13	2	11	12	1	12	1.95E-02	4	3.8	378.	384.(51.)	362.(33.)	-5.	-12.(12.)	-4.(1.)
690.22007	4	13	3	11	12	0	12	6.42E-03	3	2.6	360.	372.(24.)	415.(31.)	34.	34.(3.)	43.(4.)
693.11707	6	15	4	11	14	3	12	8.80E-04	3	1.5	475.	476.(13.)	541.(14.)	-105.	-105.(2.)	-125.(5.)
694.10992	3	10	7	4	9	4	5	9.26E-03	2	-.5	827.	826.(29.)	904.(33.)	-47.	-48.(16.)	-51.(7.)
696.24305	3	10	4	6	9	1	9	4.20E-03	4	2.0	861.	860.(11.)	956.(28.)	11.	11.(9.)	16.(1.)
697.05433	6	14	3	11	13	2	12	1.82E-03	4	4.1	370.	372.(8.)	412.(30.)	-56.	-56.(1.)	-61.(2.)
697.91809	3	11	6	5	10	3	8	1.33E-02	2	.8	590.	592.(54.)	683.(39.)	111.	111.(3.)	137.(4.)
703.71286	4	14	4	11	13	1	12	5.30E-03	3	1.4	320.	317.(17.)	340.(25.)	74.	74.(6.)	84.(7.)
703.76367	7	15	6	10	14	3	11	1.41E-04	2	2.4	400.	396.(79.)	502.(100.)	0.	461.(461.)	2.(2.)
705.08985	2	8	7	2	8	2	7	3.23E-05	2	-1.9	758.		0.			
705.36126	4	11	5	6	10	2	9	1.40E-02	5	1.8	745.		76.			
707.39739	0	8	6	3	7	1	6	5.75E-03	5	-5.6	770.	771.(30.)	853.(18.)	30.	44.(22.)	50.(2.)
707.66070	4	12	8	4	12	3	9	2.38E-06	3	-5.3						
709.04179	3	11	8	3	11	3	8	1.08E-05	3	-3.2						
711.03549	1	9	6	4	9	1	9	2.53E-05	3	-6.8	683.	619.(124.)	684.(137.)	89.	89.(89.)	43.(43.)
713.48381	3	10	7	3	9	4	6	3.13E-03	2	0.	600.	602.(15.)	671.(11.)	-56.	-57.(4.)	-61.(3.)
713.79161	7	12	7	6	11	4	7	2.48E-03	3	-.2	718.	716.(14.)	820.(16.)	-56.	-57.(2.)	-86.(2.)
714.10468	4	13	6	7	13	1	12	1.84E-05	3	.2						
716.13494	4	10	8	2	10	3	7	4.18E-06	10	7.5						
718.43287	0	6	6	0	5	1	5	5.54E-05	3	-9.5	857.	872.(87.)	959.(112.)	24.	31.(15.)	67.(34.)
718.65710	5	15	5	11	14	2	12	2.81E-04	3	.6	310.	305.(14.)	342.(5.)	127.	127.(3.)	154.(6.)
721.42241	5	13	7	7	12	4	8	3.48E-04	2	0.	642.	640.(3.)	724.(7.)	-33.	-35.(9.)	-28.(3.)
721.87729	5	15	3	12	15	0	15	9.70E-06	3	.9						
725.56352	11	15	4	12	15	1	15	2.98E-06	10	-6.6						
725.64167	40	14	8	6	14	3	11	4.52E-07	15	13.2						
726.88600	2	9	8	1	9	3	6	7.48E-06	3	1.3						
729.20740	4	8	8	1	7	5	2	2.05E-03	2	1.5	611.	609.(11.)	728.(9.)	-70.	-69.(2.)	-79.(3.)
729.39620	4	8	8	0	7	5	3	6.69E-04	2	.3	597.	597.(17.)	682.(19.)	-66.	-66.(6.)	-74.(8.)
730.19785	3	9	7	3	9	2	8	1.16E-05	4	-3.3	460.		-25.			
730.54429	5	14	7	8	13	4	9	3.81E-04	3	-.2	613.	620.(25.)	660.(30.)	92.	90.(6.)	105.(2.)
730.91712	1	9	5	5	8	0	8	2.53E-03	3	1.8	747.	737.(11.)	829.(16.)	59.	59.(3.)	64.(5.)
734.98063	36	17	5	12	16	4	13	2.06E-05	3	2.1	400.	384.(77.)	472.(94.)	-107.	-107.(107.)	-113.(113.)
738.88518	4	8	8	0	8	3	5	7.70E-07	15	-34.9	700.		0.			
740.56978	3	11	7	4	10	4	7	5.05E-03	2	-.5	570.	555.(18.)	637.(34.)	-35.	-34.(4.)	-38.(2.)
742.06719	7	16	6	11	15	3	12	9.10E-05	3	-1.5	352.	350.(20.)	387.(24.)	194.	192.(10.)	243.(6.)
742.43332	5	12	6	6	11	3	9	1.58E-03	3	-.9	588.	583.(6.)	668.(21.)	154.	155.(2.)	188.(5.)
742.84064	10	12	5	7	12	0	12	9.15E-06	4	-4.4						
743.34726	7	15	7	9	14	4	10	3.95E-05	2	-.7	595.	622.(62.)	600.(90.)	152.	173.(87.)	124.(62.)
744.21082	3	14	2	12	13	1	13	2.00E-03	2	1.7	302.	298.(6.)	330.(6.)	11.	11.(4.)	14.(1.)
744.81349	5	14	3	12	13	0	13	6.05E-03	2	2.6	307.	310.(9.)	343.(13.)	30.	30.(3.)	37.(2.)
748.35515	1	9	6	4	8	1	7	1.97E-03	3	2.1	722.	714.(10.)	801.(11.)	65.	65.(1.)	71.(10.)
751.18440	10	16	4	12	15	3	13	6.45E-05	2	2.3	400.	404.(3.)	444.(20.)	-97.	-97.(1.)	-115.(12.)
752.26468	5	15	3	12	14	2	13	1.40E-03	3	2.0	292.	297.(6.)	337.(14.)	-30.	-30.(4.)	-33.(3.)
753.89345	6	9	8	2	8	5	3	9.56E-04	3	3.1	609.	607.(14.)	703.(10.)	-74.	-74.(3.)	-79.(4.)
754.63835	2	9	8	1	8	5	4	2.83E-03	2	1.2	593.	589.(17.)	665.(25.)	-68.	-55.(5.)	-87.(2.)
755.98148	10	15	4	12	14	1	13	4.65E-04	3	1.8	262.	262.(6.)	298.(5.)	53.	53.(3.)	70.(3.)
756.82224	11	15	7	8	15	2	13	8.32E-07	10	13.4						
760.42313	5	10	6	5	10	1	10	3.70E-05	3	-1.3	689.	689.(69.)	767.(153.)	39.	39.(19.)	35.(35.)
760.71121	3	10	7	4	10	2	9	2.54E-05	2	-2.9	530.					
761.47255	11	16	7	10	15	4	11	3.12E-05	4	0.	570.	572.(10.)	657.(36.)	173.	171.(11.)	211.(73.)
767.26368	20	16	5	12	15	2	13	1.87E-04	2	-.2	260.	263.(13.)	280.(5.)	99.	99.(6.)	116.(2.)
768.94215	0	7	6	1	6	1	6	4.16E-04	3	-1.0	823.	811.(32.)	916.(12.)	28.	30.(10.)	28.(2.)
770.07498	6	12	7	5	11	4	8	7.37E-04	4	-.2	480.	480.(14.)	547.(12.)	23.	24.(4.)	31.(4.)
773.55731	10	14	6	8	14	1	13	1.10E-06	15	-5.2						
775.54906	10	12	5	7	11	2	10	1.19E-03	3	1.2	761.	762.(9.)	880.(20.)	66.	67.(5.)	78.(4.)
776.33212	17	16	3	13	16	0	16	5.59E-07	15	-19.3						
776.98647	5	10	8	3	9	5	4	2.26E-03	2	-.6	636.	637.(14.)	734.(17.)	-86.	-87.(5.)	-99.(1.)
778.36135	32	16	4	13	16	1	16	2.09E-06	10	3.3						
779.30365	4	10	8	2	9	5	5	7.63E-04	2	-.4	569.	566.(9.)	650.(14.)	-95.	-96.(4.)	-105.(1.)
782.92691	4	8	8	1	8	3	6	1.86E-06	15	-30.3	700.					
783.76238	29	17	6	12	16	3	13	6.13E-06	5	1.7						
784.45829	5	11	4	7	10	1	10	3.18E-03	3	-.2	841.	841.(12.)	931.(41.)	34.	34.(2.)	44.(4.)
792.04066	0	7	7	1	6	2	4	3.45E-05	4	-5.1	787.	775.(155.)	775.(155.)	16.	-63.(63.)	48.(48.)
793.57373	6	9	8	2	9	3	7	1.28E-06	15	-27.8						
793.90836	3	13	6	7	12	3	10	1.34E-03	2	-1.9	620.	618.(9.)	712.(9.)	164.	165.(3.)	197.(6.)
794.12155	46	18	5	13	17	4	14	7.79E-07	15	-34.6	340.		-160.			
795.89343	5	10	6	5	9	1	8	3.78E-03	2	-.4	678.	671.(16.)	752.(34.)	89.	90.(3.)	113.(1.)
796.67704	4	11	7	5	11	2	10	4.32E-06	5	-1.6						
797.55589	6	11	8	4	10	5	5	4.51E-04	4	.7	655.	654.(17.)	777.(3.)	-109.	-111.(11.)	-124.(6.)
798.55045	1	10	5	6	9	0	9	3.50E-03	2	-.1	731.	724.(23.)	809.(36.)	69.	69.(5.)	87.(4.)

Table 3. continued

computed position	un	upper				lower				observed strength	air				N ₂		air				N ₂	
		J	K _a	K _c	J	K _a	K _c	t _s	(o-c)t _s		b ^o (sm)	b ^o (obs.)	b ^o (obs.)	d ^o (sm)	d ^o (obs.)							
798.75853	5	15	2	13	14	1	14	1.72E-03	4	1.5	263.	265.(8.)	296.(16.)	17.	17.(2.)	22.(3.)						
799.06549	5	15	3	13	14	0	14	5.84E-04	2	3.2	268.	266.(7.)	292.(11.)	31.	31.(3.)	36.(6.)						
802.98996	6	13	7	6	12	4	9	7.85E-04	3	-8.	436.	437.(6.)	502.(10.)	90.	90.(5.)	111.(2.)						
803.54638	3	11	8	3	10	5	6	1.35E-03	2	-9.	558.	560.(9.)	637.(7.)	-105.	-108.(8.)	-117.(4.)						
805.99370	16	16	3	13	15	2	14	1.12E-04	2	2.1	247.	249.(9.)	277.(8.)	-11.	-11.(5.)	-8.(7.)						
806.69564	8	17	4	13	16	3	14	3.76E-05	2	-9.	307.	310.(7.)	381.(1.)	-56.	-56.(10.)	-80.(17.)						
808.03788	30	16	4	13	15	1	14	3.35E-04	2	2.1	232.	234.(6.)	262.(7.)	43.	43.(3.)	56.(1.)						
808.15559	5	10	8	3	10	3	8	4.84E-06	9	-9.2												
808.28024	2	8	7	2	7	2	5	3.90E-04	3	-3.2	814.	813.(12.)	913.(10.)	23.	24.(7.)	29.(3.)						
813.82726	4	9	9	1	8	6	2	1.17E-04	1	-1.0	534.	523.(29.)	630.(44.)	-65.	-64.(3.)	-90.(45.)						
813.85771	4	9	9	0	8	6	3	3.54E-04	2	-0.	523.	525.(10.)	608.(20.)	-84.	-94.(13.)	-89.(2.)						
814.51700	10	12	8	5	11	5	6	6.24E-04	3	-1.7	677.	667.(25.)	770.(10.)	-116.	-113.(8.)	-133.(7.)						
815.29987	21	18	7	12	17	4	13	1.21E-06	15	-3.2												
815.48008	2	11	6	6	11	1	11	5.08E-06	4	1.3												
816.45022	22	17	5	13	16	2	14	1.24E-05	3	-1.3	220.	227.(23.)	337.(67.)	73.	73.(37.)	44.(44.)						
822.66438	5	13	5	8	13	0	13	5.17E-06	11	2.1												
825.16270	1	8	6	2	7	1	7	1.66E-04	2	1.8	782.	781.(8.)	859.(12.)	33.	30.(9.)	33.(4.)						
827.11796	12	13	8	6	12	5	7	8.20E-05	3	-5.	702.	704.(7.)	785.(15.)	-89.	-80.(11.)	-108.(23.)						
827.19265	5	11	8	4	11	3	9	1.22E-06	15	3.8												
827.67157	3	9	7	3	8	2	6	2.49E-04	2	-8.	750.	754.(22.)	874.(37.)	39.	42.(8.)	47.(33.)						
827.70804	21	18	6	13	17	3	14	3.83E-06	15	19.4												
827.74378	6	12	8	4	11	5	7	2.16E-04	2	-3.	522.	526.(12.)	617.(57.)	-115.	-113.(6.)	-130.(17.)						
829.57739	21	17	3	14	17	0	17	5.99E-07	15	42.8												
835.55296	5	14	8	7	13	5	8	8.31E-05	2	-2.	685.	686.(3.)	808.(3.)	-108.	-105.(5.)	-134.(17.)						
838.04868	6	12	7	6	12	2	11	5.43E-06	15	7.4												
839.87197	2	10	9	2	9	6	3	4.20E-04	2	-9.	516.	514.(9.)	593.(18.)	-88.	-88.(9.)	-99.(10.)						
840.00950	2	10	9	1	9	6	4	1.39E-04	3	-2.1	483.	490.(12.)	553.(15.)	-82.	-85.(8.)	-79.(20.)						
840.31789	12	14	7	7	13	4	10	7.68E-05	2	-5.	415.	414.(10.)	490.(23.)	158.	155.(8.)	192.(25.)						
841.10204	14	15	8	8	14	5	9	8.33E-06	3	1.5												
841.90281	0	7	7	0	6	2	5	5.48E-05	4	-10.0	827.	829.(27.)	905.(28.)	10.	9.(11.)	22.(13.)						
845.73135	12	16	8	9	15	5	10	6.56E-06	5	.2												
846.62703	2	8	7	1	8	0	8	4.84E-07	15	-59.3												
849.57954	4	11	6	6	10	1	9	6.14E-04	5	0.	625.	617.(11.)	711.(11.)	114.	115.(4.)	140.(4.)						
850.81015	36	19	5	14	18	4	15	3.44E-07	15	-73.0												
851.00540	10	12	8	5	12	3	10	1.65E-06	5	-4.0												
851.62483	41	17	8	10	16	5	11	3.39E-07	15	-41.4												
852.42375	3	10	7	4	9	2	7	8.82E-04	2	1.9	720.	722.(23.)	831.(7.)	62.	65.(5.)	68.(2.)						
852.48896	7	13	8	5	12	5	8	2.55E-04	1	.1	442.	440.(9.)	512.(20.)	-78.	-78.(6.)	-81.(5.)						
852.75424	11	16	2	14	15	1	15	1.48E-04	3	-1.	247.	246.(6.)	286.(8.)	16.	16.(7.)	22.(2.)						
852.91119	6	16	3	14	15	0	15	4.50E-04	3	1.1	232.	239.(7.)	263.(6.)	29.	29.(6.)	39.(2.)						
853.37657	10	14	6	8	13	3	11	1.04E-04	2	-3.	638.	633.(27.)	702.(40.)	157.	157.(3.)	194.(7.)						
854.58333	3	13	5	8	12	2	11	7.42E-04	3	-1.6	780.	784.(16.)	900.(6.)	82.	80.(9.)	102.(5.)						
858.54294	10	17	3	14	16	2	15	7.31E-05	1	1.5	210.	208.(7.)	243.(10.)	3.	3.(1.)	9.(1.)						
859.66022	11	17	4	14	16	1	15	2.47E-05	3	2.9	214.	213.(7.)	228.(8.)	26.	26.(4.)	38.(7.)						
859.91006	42	18	4	14	17	3	15	2.31E-06	5	-.4	240.											
864.95886	6	11	9	3	10	6	4	1.00E-04	1	.5	513.	517.(14.)	573.(28.)	-100.	-98.(8.)	-119.(10.)						
865.44774	6	11	9	2	10	6	5	2.98E-04	2	0.	489.	490.(6.)	565.(5.)	-97.	-98.(3.)	-112.(3.)						
865.68649	50	18	5	14	17	2	15	6.85E-06	4	-1.3	182.	179.(30.)	230.(40.)	56.	56.(4.)	-18.(28.)						
871.25272	5	11	5	7	10	0	10	4.46E-04	3	-.2	682.	679.(9.)	759.(13.)	89.	90.(4.)	103.(4.)						
875.95264	2	12	6	7	12	1	12	4.30E-06	5	5.7												
878.53526	3	12	4	8	11	1	11	2.53E-04	4	-.3	760.	760.(20.)	945.(65.)	123.	123.(18.)	119.(22.)						
879.73853	7	13	8	6	13	3	11	1.67E-07	15	-13.1												
881.08248	2	8	7	1	7	2	6	4.78E-05	2	-8.2	770.	740.(35.)	885.(48.)	18.	32.(72.)	15.(68.)						
883.07302	10	15	7	8	14	4	11	5.45E-05	3	-2.0	464.	460.(20.)	494.(65.)	196.	207.(27.)	212.(4.)						
883.84443	3	11	7	5	10	2	8	2.18E-04	2	-1.6	669.	669.(6.)	768.(3.)	76.	77.(11.)	107.(9.)						
884.70129	7	13	7	7	13	2	12	4.86E-07	15	5.3												
887.22034	1	9	6	3	8	1	8	3.83E-04	4	1.4	728.	717.(21.)	810.(7.)	40.	40.(10.)	46.(5.)						
888.64348	10	12	9	4	11	6	5	1.54E-04	3	-.6	507.	510.(8.)	570.(20.)	-132.	-133.(9.)	-142.(6.)						
890.09262	10	12	9	3	11	6	6	5.22E-05	2	.5	490.	509.(26.)	583.(42.)	-131.	-136.(14.)	-148.(49.)						
890.41957	2	9	7	2	9	0	9	1.73E-06	4	.2												
891.30071	6	10	10	1	9	7	2	4.94E-05	3	.7	464.	462.(6.)	547.(27.)	-58.	-55.(11.)	-82.(12.)						
891.30534	6	10	10	0	9	7	3	1.65E-05	3	.9	500.			-106.								
906.22785	32	17	2	15	16	1	16	1.07E-04	3	.0	208.	208.(6.)	229.(2.)	26.	26.(3.)	33.(9.)						
906.30900	31	17	3	15	16	0	16	3.52E-05	3	-1.3	205.	206.(7.)	228.(2.)	27.	27.(6.)	40.(10.)						
906.75277	10	15	8	7	14	5	10	2.28E-05	5	-.7	370.	368.(10.)	368.(2.)	48.	54.(37.)	67.(15.)						
908.95248	2	12	6	7	11	1	10	6.95E-04	4	-.3	599.	597.(8.)	677.(10.)	131.	130.(5.)	154.(5.)						
910.09926	28	18	3	15	17	2</																

Table 3. continued

computed position	un	upper J	K _a	K _c	lower J	K _a	K _c	observed strength	% (o-c)%	air b°(sm)	b°(obs.)	N ₂ b°(obs.)	air d°(sm)	d°(obs.)	N ₂ d°(obs.)	
922.13539	6	12	7	6	11	2	9	3.44E-04	4	-1.9	610.	610. (14.)	680. (20.)	121.	123. (6.)	149. (6.)
924.98770	2	9	7	2	8	2	7	1.83E-04	3	-5.2	707.	700. (15.)	799. (20.)	29.	25. (8.)	39. (17.)
928.99316	10	14	9	6	13	6	7	2.22E-05	5	1.7	420.			-162.		
932.26920	14	16	7	9	15	4	12	3.40E-06	10	-6.3						
936.42348	5	14	7	8	14	2	13	4.63E-07	15	45.5						
937.31947	10	14	9	5	13	6	8	7.30E-06	5	-1.8	390.			-111.		
938.02239	20	16	8	8	15	5	11	1.80E-06	8	1.4						
939.83650	4	10	7	3	10	0	10	6.37E-07	15	68.9						
941.02233	10	14	5	9	13	2	12	4.53E-05	2	-2.7	692.	721. (30.)	948. (190.)	151.	151. (234.)	145. (145.)
943.84479	18	15	9	7	14	6	8	2.12E-06	10	1.7						
944.85868	4	12	10	3	11	7	4	3.11E-05	2	-7	350.	419. (138.)	497. (50.)	-80.	-82. (32.)	-129. (65.)
944.95139	4	12	10	2	11	7	5	1.05E-05	3	.2	355.	370. (80.)	538. (108.)	-120.	-115. (81.)	-92. (92.)
946.68626	4	8	8	1	7	3	4	1.04E-05	3	26.3						
948.11756	1	7	7	1	6	0	6	9.20E-07	15	1.4						
948.26294	5	12	5	8	11	0	11	4.33E-04	2	-3.3	660.	664. (19.)	750. (15.)	77.	78. (9.)	84. (7.)
954.23969	35	16	9	8	15	6	9	1.63E-06	15	5.4						
955.25188	5	10	6	4	9	1	9	7.56E-05	2	2.3	688.	692. (50.)	786. (29.)	52.	53. (10.)	64. (50.)
959.18542	32	18	2	16	17	1	17	7.58E-06	4	-3.3	181.	196. (23.)	160. (32.)	45.	70. (46.)	54. (54.)
959.22783	36	18	3	16	17	0	17	2.30E-05	3	-2.3	195.	193. (14.)	177. (43.)	34.	34. (7.)	44. (1.)
959.64732	6	9	8	2	8	3	5	1.30E-05	10	12.1	800.			-30.		
960.48607	20	15	9	6	14	6	9	6.26E-06	5	-3.0						
• 961.90935	11	11	11	0	10	8	3	7.16E-06	5	-2.9	300.			0.		
966.86796	7	13	7	7	12	2	10	4.65E-05	3	.5	490.			151.		
970.26989	20	13	10	4	12	7	5	5.13E-06	4	8.0						
970.57515	20	13	10	3	12	7	6	1.44E-05	2	1.5	365.			-118.		
971.36473	5	10	8	3	9	3	6	5.00E-05	3	-8.1	750.	730. (40.)	856. (86.)	-22.	-25. (13.)	-22. (11.)
972.34861	4	8	8	0	7	3	5	3.33E-06	9	42.8						
973.25273	25	17	8	9	16	5	12	1.36E-06	15	26.9						
973.48325	4	13	6	8	12	1	11	7.00E-05	3	-4.3	575.	580. (26.)	653. (66.)	148.	147. (7.)	179. (2.)
973.98325	3	10	7	3	9	2	8	5.17E-05	2	-1.7	630.	589. (59.)	764. (22.)	48.	43. (21.)	50. (67.)
975.94547	3	13	4	9	12	1	12	1.66E-04	2	-5.0	713.	718. (28.)	768. (55.)	22.	22. (5.)	20. (19.)
984.03445	21	16	9	7	15	6	10	4.81E-07	15	-9.8				6.		
984.11182	5	11	8	4	10	3	7	1.97E-05	3	-.1	719.					
988.80730	50	17	7	10	16	4	13	1.82E-06	5	5.9						
* 990.13968	10	12	11	2	11	8	3	6.70E-06	4	.8						
994.38945	16	14	10	5	13	7	6	5.12E-06	4	.1						
995.25554	20	14	10	4	13	7	7	1.73E-06	5	1.1						
997.62108	8	16	6	10	15	3	13	2.90E-06	7	1.3						
1000.28891	10	12	8	5	11	3	8	4.90E-05	3	1.1	729.	729. (73.)	808. (85.)	73.	83. (41.)	74. (5.)
1003.68917	2	9	8	1	8	3	6	2.22E-05	3	-17.1	800.			-38.		
1004.44652	2	8	7	2	7	0	7	7.41E-06	4	1.1						
1011.61850	70	19	2	17	18	1	18	4.70E-06	4	-.9						
1011.64119	70	19	3	17	18	0	18	1.65E-06	5	7.0						
1017.45276	5	14	7	8	13	2	11	4.32E-05	2	.2	500.	504. (40.)	557. (56.)	176.	183. (36.)	181. (90.)
1017.65082	60	13	11	3	12	8	4	8.35E-07	15	-5.8						
1017.66720	60	13	11	2	12	8	5	2.85E-06	5	6.1						
1018.97074	50	15	10	5	14	7	8	2.01E-06	15	26.3						
1021.93503	7	13	8	6	12	3	9	9.55E-06	6	-.1						
*1025.96581	40	12	12	1	11	9	2	1.54E-06	15	78.5						
1028.27170	3	11	7	4	10	2	9	9.16E-05	2	-.4	612.	634. (63.)	663. (48.)	85.	218. (109.)	128. (78.)
1028.68542	4	13	5	9	12	0	12	4.13E-05	2	-4.7	588.	547. (55.)	670. (67.)	74.	61. (30.)	129. (64.)
1029.49646	3	11	6	5	10	1	10	9.35E-05	2	-4.4	657.	654. (15.)	710. (27.)	76.	77. (1.)	65. (27.)
1032.68634	8	15	5	10	14	2	13	2.22E-05	3	-5.7	630.			178.		
1038.05317	4	10	8	2	9	3	7	9.28E-06	2	.2	500.			2.		
1042.52515	6	14	6	9	13	1	12	5.50E-05	3	-3.1	550.	541. (36.)	636. (39.)	158.	160. (28.)	157. (44.)
1044.29034	60	14	11	4	13	8	5	1.02E-06	15	-2.4						
1050.16397	5	14	8	7	13	3	10	1.26E-05	6	.5						
1066.51963	3	9	7	3	8	0	8	2.88E-06	9	-32.9	300.					
1073.29902	6	15	7	9	14	2	12	3.06E-06	5	-16.6	320.			184.		
1074.16258	4	14	4	10	13	1	13	1.27E-05	5	-.8	675.	672. (134.)	824. (165.)	-110.	-134. (134.)	-87. (87.)
1076.13694	3	11	8	3	10	3	8	2.49E-05	4	.6	515.			-58.		
1087.96864	6	12	7	5	11	2	10	1.44E-05	2	8.1	611.			82.		
1102.76061	4	9	9	0	8	4	5	1.05E-06	15	-14.4	700.					
1110.38435	5	12	6	6	11	1	11	9.70E-06	7	-.2	632.			30.		
1111.01964	2	10	9	2	9	4	5	1.31E-06	15	-43.6						
1111.57494	5	14	5	10	13	0	13	3.93E-05	4	19.7	525.			71.		
1115.30826	8	15	6	10	14	1	13	2.63E-06	4	-46.8						
1118.46003	5	12	8	4	11	3	9	5.63E-06	11	20.5	300.			88.		
1126.15301	10	16	8	9	15	3	12	4.52E-06	15	124.8						
1133.68165	11	12	9	4	11	4	7	5.43E-06	15	67.8						
1134.17691	3	10	7	4	9	0	9	6.82E-06	15	-12.0						
1151.61520	10	14	9	6	13	4	9	2.54E-06	15	76.1						
1153.19029	6	13	7	6	12	2	11	1.47E-05	5	7.4	617.	621. (124.)	830. (166.)	61.	84. (84.)	28. (28.)
1159.08478	4	11	9	2	10	4	7	1.68E-06	7	-30.8						

Table 3. continued

computed position	un	upper				lower				observed strength	air			air			air		
		J	K _a	K _c		J	K _a	K _c			#s	(o-c)%	b ^o (sm)	b ^o (obs.)	b ^o (obs.)	d ^o (sm)	d ^o (obs.)	d ^o (obs.)	
1165.35496	7	13	8	5	12	3	10		7.37E-06	15	13.1								
1171.08491	5	15	4	11	14	1	14		7.89E-06	3	-.7	645.				-104.			
1175.20426	5	10	8	3	9	1	8		1.65E-06	15	-48.9								
1190.97708	8	16	6	11	15	1	14		2.75E-06	5	14.8								
1196.02454	5	15	5	11	14	0	14		2.75E-06	7	14.7								
1198.56751	3	13	6	7	12	1	12		8.72E-06	4	15.0	615.				-10.			
1207.28085	4	11	7	5	10	0	10		1.80E-06	15	31.5								
1217.00552	40	14	8	6	13	3	11		8.13E-07	15	16.2								
1222.83187	8	13	9	4	12	4	9		9.70E-07	5	-13.5								
1224.14039	13	14	7	7	13	2	12		1.35E-06	7	13.2								
1229.24314	6	11	8	4	10	1	9		8.13E-07	15	33.3								
1267.76912	5	12	10	3	11	5	6		2.06E-06	15	168.5								
1285.68981	7	12	7	6	11	0	11		1.65E-06	10	-4.4								

Strengths in $\text{cm}^{-2}/\text{atm}$. at 296K, #s is the estimated uncertainty in the observed strength in percent, (o-c)% is the percent difference between the observed and computed strength. Computed strength derived from parameters given in ref. 13. Positions and un in cm^{-1} . un is the estimated uncertainty in the line positions $\times 10^5$. The computed values are derived from the energy levels given in Table 2 in ref 13 along with the estimated uncertainties in the levels.

*asterisks denote doubled absorptions with the quantum assignment given for the stronger transition.

The strength given represents the sum of the strengths of the two comparable transitions.

$b^o(\text{sm})$ and $d^o(\text{sm})$ are smoothed values derived from hand plots of the observed coefficients

Values given within parentheses are estimated uncertainties in the last digits.

Table 4. Observed pressure-broadened width and shift coefficients, b° (HWHM) and d°, of H₂¹⁸O and H₂¹⁶O broadened by N₂ in cm⁻¹/atm.

computed position	upper J	K _a	K _c	lower J	K _a	K _c	band	b°(H ₂ ¹⁸ O)	b°(H ₂ ¹⁶ O)	d°(H ₂ ¹⁸ O)	d°(H ₂ ¹⁶ O)
1170.03488	7	0	7	8	3	6	2	749.(150.)	791.(20.)	-759.(759.)	-988.(13.)
1184.13804	7	1	6	8	4	5	2	739.(148.)	900.(40.)		
1220.72694	6	0	6	7	3	5	2	768.(154.)	873.(20.)		
1242.24388	5	1	4	6	4	3	2	880.(5.)	947.(39.)		
1253.92405	6	1	6	7	2	5	2	947.(1.)	993.(20.)		
1261.57741	7	2	6	8	3	5	2	831.(166.)	1035.(78.)		
1262.26161	9	5	4	10	6	5	2	593.(119.)	578.(32.)		
1267.64001	5	0	5	6	3	4	2	898.(90.)	930.(40.)		
1276.71887	9	4	5	10	5	6	2	716.(143.)	783.(10.)		
1282.80633	8	4	5	9	5	4	2	719.(15.)	693.(28.)	-566.(108.)	-633.(12.)
1284.27372	8	5	4	9	6	3	2	510.(7.)	536.(22.)		
1284.99009	8	5	3	9	6	4	2	678.(1.)	549.(20.)		
1286.82056	8	6	3	9	7	2	2	417.(42.)	434.(17.)		
1286.84732	8	6	2	9	7	3	2	383.(77.)	425.(35.)		
1292.09696	14	1	14	15	0	15	2	83.(17.)	85.(5.)		
1292.98994	8	7	2	9	8	1	2	328.(33.)	329.(20.)		
1302.20246	8	8	1	9	9	0	2	247.(49.)	202.(7.)	-449.(449.)	-451.(22.)
1302.69588	7	3	5	8	4	4	2	887.(7.)	912.(43.)	-654.(16.)	-609.(26.)
1308.45837	7	5	3	8	6	2	2	476.(15.)	515.(20.)	114.(79.)	19.(82.)
1308.63417	7	5	2	8	6	3	2	513.(3.)	528.(25.)	150.(34.)	85.(40.)
1309.25601	7	4	4	8	5	3	2	631.(6.)	638.(6.)	-164.(31.)	-258.(48.)
1309.59105	4	0	4	5	3	3	2	961.(96.)	1033.(105.)	-703.(352.)	-359.(398.)
1311.04237	7	6	1	8	7	2	2	379.(14.)	424.(44.)	-85.(88.)	-233.(19.)
1312.42260	13	0	13	14	1	14	2	131.(13.)	106.(3.)	-107.(54.)	8.(13.)
1312.63258	6	2	5	7	3	4	2	953.(19.)	968.(12.)	-235.(118.)	-136.(24.)
1312.94534	7	4	3	8	5	4	2	715.(14.)	710.(12.)	666.(18.)	590.(51.)
1313.69566	5	1	5	6	2	4	2	1023.(20.)	1033.(59.)	-280.(29.)	-150.(60.)
1317.38671	7	7	0	8	8	1	2	332.(95.)	274.(16.)	-162.(81.)	-460.(6.)
1326.52469	8	3	5	9	4	6	2	778.(156.)	893.(31.)	515.(515.)	787.(14.)
1332.61790	12	1	12	13	0	13	2	128.(13.)	110.(20.)	-160.(80.)	-176.(41.)
1332.73471	6	5	2	7	6	1	2	453.(7.)	488.(11.)	91.(62.)	145.(35.)
1332.76538	6	5	1	7	6	2	2	459.(46.)	491.(13.)	312.(156.)	362.(60.)
1334.31031	6	4	3	7	5	2	2	622.(11.)	622.(17.)	161.(43.)	62.(25.)
1335.37557	6	4	2	7	5	3	2	681.(1.)	687.(12.)	458.(20.)	425.(25.)
1335.45793	6	6	1	7	7	0	2	315.(29.)	314.(25.)	-350.(61.)	-458.(33.)
1335.51770	6	3	4	7	4	3	2	824.(13.)	841.(10.)	-526.(2.)	-626.(39.)
1336.42140	7	3	4	8	4	5	2	877.(88.)	907.(8.)	624.(312.)	543.(32.)
1338.65169	12	2	11	13	1	12	2	177.(35.)	172.(7.)		
1343.32981	13	0	13	13	1	12	2	154.(31.)	220.(3.)	-471.(471.)	-393.(6.)
1345.72527	3	0	3	4	3	2	2	1009.(33.)	1027.(21.)	-728.(88.)	-680.(40.)
1347.57583	11	2	9	12	3	10	2	508.(62.)	464.(15.)	-1883.(1883.)	-1814.(21.)
1350.75024	6	3	3	7	4	4	2	883.(13.)	883.(9.)	601.(10.)	433.(30.)
1352.63884	11	0	11	12	1	12	2	173.(3.)	167.(9.)	-170.(17.)	-179.(42.)
1352.65879	11	1	11	12	0	12	2	179.(9.)	159.(12.)	-227.(24.)	-196.(64.)
1356.28090	11	2	10	12	1	11	2	187.(37.)	230.(16.)	-355.(355.)	-250.(33.)
1356.84386	5	2	4	6	3	3	2	964.(12.)	945.(21.)	-12.(2.)	-115.(40.)
1357.16194	5	5	0	6	6	1	2	416.(12.)	420.(20.)	-248.(66.)	-167.(207.)
1358.86032	5	4	2	6	5	1	2	613.(31.)	633.(12.)	336.(47.)	282.(83.)
1359.08069	5	4	1	6	5	2	2	651.(68.)	648.(6.)	347.(174.)	379.(38.)
1363.95106	5	3	3	6	4	2	2	809.(11.)	805.(13.)	-64.(130.)	-325.(30.)
1364.24474	12	1	12	12	2	11	2	265.(6.)	268.(6.)	-302.(58.)	-361.(12.)
1367.99222	9	2	7	10	3	8	2	725.(13.)	737.(18.)	-1262.(28.)	-1301.(109.)
1368.92858	4	1	4	5	2	3	2	1060.(6.)	1052.(8.)	-140.(36.)	-220.(20.)
1369.42164	5	3	2	6	4	3	2	855.(8.)	865.(11.)	450.(54.)	410.(32.)
1372.49562	10	0	10	11	1	11	2	217.(1.)	224.(8.)	-149.(15.)	-181.(35.)
1372.53904	10	1	10	11	0	11	2	226.(4.)	226.(3.)	-147.(6.)	-196.(40.)
1375.66454	10	3	8	11	2	9	2	506.(101.)	542.(33.)	1316.(1316.)	1306.(35.)
1382.33613	7	2	5	8	3	6	2	880.(24.)	870.(9.)	-64.(22.)	-91.(67.)
1385.07292	11	1	11	11	2	10	2	331.(66.)	323.(7.)	-342.(342.)	-301.(9.)
1388.48395	5	1	4	5	4	1	2	761.(152.)	935.(33.)	-457.(457.)	-537.(16.)
1391.32591	4	3	1	5	4	2	2	812.(6.)	812.(10.)	476.(41.)	397.(25.)
1391.79874	9	2	8	10	1	9	2	375.(22.)	398.(4.)	204.(49.)	225.(14.)
1392.15725	9	0	9	10	1	10	2	295.(6.)	303.(3.)	-144.(21.)	-200.(30.)
1392.25375	9	1	9	10	0	10	2	298.(5.)	303.(5.)	-147.(43.)	-190.(20.)
1393.88010	4	2	3	5	3	2	2	953.(17.)	966.(5.)	-325.(65.)	-365.(25.)
1396.53209	9	3	7	10	2	8	2	597.(119.)	679.(24.)		
1400.54004	5	2	3	6	3	4	2	973.(12.)	978.(10.)	170.(43.)	105.(25.)
1400.94371	13	1	12	13	2	11	2	271.(54.)	271.(7.)		
1404.59618	8	1	7	9	2	8	2	558.(25.)	585.(10.)	-1080.(40.)	-1230.(10.)
1405.72603	10	1	10	10	2	9	2	396.(6.)	410.(6.)	-162.(15.)	-215.(30.)
1406.22129	10	0	10	10	1	9	2	411.(31.)	420.(20.)	170.(136.)	95.(25.)
1407.29380	5	0	5	5	3	2	2	1000.(24.)	1010.(15.)	-838.(25.)	-499.(58.)
1410.11420	8	2	7	9	1	8	2	499.(3.)	515.(7.)	511.(11.)	505.(30.)
1411.59148	8	0	8	9	1	9	2	392.(0.)	399.(12.)	-202.(19.)	-289.(38.)
1411.80823	8	1	8	9	0	9	2	401.(8.)	396.(7.)	-167.(25.)	-222.(15.)
1414.28464	4	2	2	5	3	3	2	956.(8.)	975.(12.)	226.(45.)	258.(84.)

Table 4. continued

computed position	upper J	K _a	K _c	lower J	K _a	K _c	band	b ^O (H ₂ ¹⁸ O)	b ^O (H ₂ ¹⁶ O)	d ^O (H ₂ ¹⁸ O)	d ^O (H ₂ ¹⁶ O)
1414.78020	3	3	1	4	4	0	2	740.(74.)	749.(10.)	102.(51.)	84.(55.)
1417.80331	3	1	3	4	2	2	2	1036.(10.)	1043.(18.)	-252.(32.)	-282.(40.)
1418.86012	7	1	6	8	2	7	2	737.(74.)	758.(7.)	-826.(413.)	-986.(23.)
1420.72168	8	3	6	9	2	7	2	805.(2.)	826.(8.)	955.(84.)	935.(22.)
1424.87419	3	2	2	4	3	1	2	935.(9.)	945.(8.)	-206.(65.)	-315.(25.)
1426.13131	9	1	9	9	2	8	2	487.(10.)	500.(15.)	-118.(11.)	-235.(110.)
1427.19628	9	0	9	9	1	8	2	523.(6.)	519.(5.)	203.(107.)	225.(20.)
1429.41119	7	2	6	8	1	7	2	660.(26.)	670.(6.)	800.(84.)	749.(29.)
1430.74200	7	0	7	8	1	8	2	518.(52.)	522.(5.)	-340.(170.)	-471.(46.)
1431.23089	7	1	7	8	0	8	2	503.(0.)	515.(20.)		
1431.49076	6	1	5	7	2	6	2	852.(37.)	850.(22.)	-530.(182.)	-601.(138.)
1431.99900	3	2	1	4	3	2	2	1044.(104.)	980.(18.)	502.(251.)	150.(29.)
1435.21957	11	2	10	11	3	9	2	412.(82.)	417.(19.)		
1438.50195	11	1	10	11	2	9	2	439.(44.)	451.(17.)	421.(211.)	424.(8.)
1442.82604	5	1	4	6	2	5	2	979.(98.)	957.(8.)	-477.(239.)	-507.(15.)
1446.15187	8	1	8	8	2	7	2	610.(21.)	600.(11.)	-193.(97.)	-300.(23.)
1448.39021	8	0	8	8	1	7	2	640.(2.)	654.(7.)	374.(62.)	325.(25.)
1449.50217	6	0	6	7	1	7	2	655.(20.)	670.(7.)	-454.(20.)	-550.(40.)
1450.48779	6	2	5	7	1	6	2	773.(77.)	841.(50.)	1057.(529.)	806.(320.)
1454.08566	4	1	3	5	2	4	2	1002.(6.)	1000.(12.)	-203.(31.)	-285.(10.)
1465.54541	7	1	7	7	2	6	2	750.(0.)	744.(6.)	-265.(79.)	-282.(35.)
1468.34783	9	2	8	9	3	7	2	600.(60.)	620.(25.)	-857.(429.)	-1021.(100.)
1474.27379	5	2	4	6	1	5	2	930.(3.)	935.(15.)	661.(126.)	382.(31.)
1479.08375	9	1	8	9	2	7	2	714.(5.)	744.(20.)	554.(74.)	481.(15.)
1480.76467	6	3	4	7	2	5	2	890.(21.)	926.(20.)	276.(68.)	342.(50.)
1481.97746	2	1	1	3	2	2	2	1041.(104.)	1058.(7.)	-52.(26.)	-65.(15.)
1483.17142	8	2	7	8	3	6	2	683.(17.)	715.(12.)	-829.(54.)	-891.(61.)
1483.92606	6	1	6	6	2	5	2	840.(7.)	832.(20.)	-329.(21.)	-412.(66.)
1484.97158	4	0	4	5	1	5	2	1000.(10.)	1012.(25.)	-524.(52.)	-619.(28.)
1485.65441	10	3	8	10	4	7	2	543.(54.)	574.(36.)	-1087.(544.)	-1406.(52.)
1492.30853	6	0	6	6	1	5	2	875.(14.)	944.(53.)	68.(36.)	288.(44.)
1493.27695	1	1	1	2	2	0	2	1069.(19.)	1072.(9.)	-441.(65.)	-575.(22.)
1495.08173	9	3	7	9	4	6	2	658.(21.)	657.(43.)	-1205.(166.)	-1369.(244.)
1496.14430	7	2	6	7	3	5	2	819.(82.)	792.(10.)	-549.(275.)	-824.(41.)
1500.76533	5	1	5	5	2	4	2	907.(6.)	911.(20.)	-382.(68.)	-437.(28.)
1502.28511	8	3	6	8	4	5	2	673.(6.)	705.(15.)	-938.(8.)	-839.(84.)
1505.04989	8	4	5	8	5	4	2	634.(24.)	640.(25.)	-79.(167.)	-254.(120.)
1505.29556	5	4	2	5	5	1	2	692.(69.)	706.(37.)	594.(297.)	670.(17.)
1506.25124	6	4	2	6	5	1	2	667.(4.)	710.(14.)	395.(46.)	410.(110.)
1510.18452	6	3	4	6	4	3	2	745.(9.)	759.(8.)	-441.(34.)	-655.(35.)
1511.59436	5	3	3	5	4	2	2	758.(8.)	768.(4.)	-185.(26.)	-235.(35.)
1511.75400	8	4	4	8	5	3	2	700.(70.)	734.(11.)	726.(363.)	610.(64.)
1512.05974	4	3	2	4	4	1	2	820.(80.)	818.(7.)	160.(80.)	148.(46.)
1513.19751	4	3	1	4	4	0	2	830.(5.)	846.(7.)	301.(53.)	218.(24.)
1523.48213	3	2	2	3	3	1	2	935.(5.)	947.(8.)	38.(77.)	-170.(16.)
1527.35780	7	3	4	7	4	3	2	860.(86.)	911.(15.)	290.(145.)	265.(83.)
1527.50686	3	1	3	3	2	2	2	1025.(103.)	1050.(40.)	-257.(129.)	-451.(43.)
1528.48261	9	2	7	9	3	6	2	910.(91.)	908.(19.)	-543.(272.)	-855.(52.)
1530.77350	3	2	2	4	1	3	2	1070.(11.)	1065.(40.)	447.(75.)	643.(66.)
1535.38411	4	0	4	4	1	3	2	1070.(14.)	1065.(35.)	-42.(74.)	-124.(30.)
1536.85073	6	1	5	6	2	4	2	943.(94.)	997.(15.)	266.(133.)	-325.(30.)
1539.30494	8	2	6	8	3	5	2	925.(93.)	990.(30.)	-480.(240.)	-745.(66.)
1539.50639	9	3	6	9	4	5	2	888.(89.)	918.(20.)	-963.(482.)	-1029.(216.)
1544.38265	6	2	4	6	3	3	2	978.(98.)	984.(8.)	-452.(226.)	-706.(30.)
1544.49245	7	2	5	7	3	4	2	983.(98.)	1006.(5.)	-633.(317.)	-820.(30.)
1558.13262	1	1	1	2	0	2	2	1067.(107.)	1116.(9.)	517.(259.)	177.(34.)
1561.33561	2	2	1	3	1	2	2	1071.(13.)	1061.(10.)	285.(33.)	260.(60.)
1573.60411	6	4	2	7	3	5	2	749.(150.)	803.(25.)		
1580.36485	5	4	2	6	3	3	2	958.(192.)	895.(14.)		
1581.70194	4	3	1	5	2	4	2	998.(11.)	970.(35.)	517.(77.)	495.(28.)
1582.99336	3	3	1	4	2	2	2	964.(2.)	986.(54.)	282.(118.)	286.(22.)
1587.46207	3	2	1	4	1	4	2	1028.(0.)	1032.(6.)	358.(73.)	374.(15.)
1593.77442	5	4	1	6	3	4	2	824.(16.)	819.(9.)	136.(74.)	10.(50.)
1593.86968	2	2	0	3	1	3	2	1045.(6.)	1078.(34.)	351.(16.)	467.(142.)
1597.47966	3	1	3	2	2	0	2	1052.(7.)	1090.(45.)	-157.(63.)	-265.(20.)
1599.00706	3	3	0	4	2	3	2	950.(13.)	960.(15.)	361.(95.)	400.(50.)
1600.47406	5	1	5	4	2	2	2	977.(98.)	1055.(25.)	53.(27.)	70.(40.)
1600.57644	5	2	3	6	1	6	2	930.(93.)	1014.(30.)	220.(110.)	24.(100.)
1603.28788	4	1	4	3	2	1	2	1036.(4.)	1047.(6.)	-118.(151.)	-185.(20.)
1611.27965	4	4	1	5	3	2	2	910.(13.)	929.(48.)	279.(43.)	153.(5.)
1617.30185	4	2	3	3	3	0	2	906.(91.)	965.(20.)	-244.(122.)	-380.(42.)
1621.58525	2	0	2	1	1	1	2	1097.(14.)	1124.(35.)	-196.(19.)	-195.(40.)
1628.06006	1	1	1	0	0	0	2	1087.(29.)	1125.(20.)	485.(16.)	375.(50.)
1631.92221	3	1	2	2	2	1	2	1038.(8.)	1053.(14.)	-56.(24.)	-140.(50.)
1632.78633	4	2	2	3	3	1	2	994.(7.)	1003.(25.)	-64.(5.)	-107.(98.)
1633.46596	5	3	3	4	4	0	2	803.(10.)	832.(49.)	-76.(135.)	-35.(41.)
1634.75144	5	2	4	4	3	1	2	887.(32.)	980.(30.)	-242.(30.)	-394.(52.)
1637.81108	5	3	2	4	4	1	2	872.(87.)	885.(15.)	3.(2.)	44.(60.)

Table 4. continued

computed position	upper	lower		band	$b^0(H_2^{18}O)$	$b^0(H_2^{16}O)$	$d^0(H_2^{18}O)$	$d^0(H_2^{16}O)$
	J K _a K _c	J K _a K _c						
1640.07770	4 2 2	4 1 3		2	1027. (34.)	1055. (45.)	663. (86.)	673. (56.)
1640.64910	2 2 0	2 1 1		2	1052. (31.)	1090. (40.)	220. (13.)	225. (87.)
1647.01984	4 1 3	4 0 4		2	1060. (9.)	1075. (6.)	275. (74.)	680. (50.)
1650.29596	7 2 6	6 3 3		2	861. (86.)	934. (5.)	76. (38.)	-124. (72.)
1651.83047	6 4 3	5 5 0		2	706. (71.)	737. (8.)	136. (68.)	350. (190.)
1656.42459	6 3 4	5 4 1		2	794. (2.)	812. (20.)	-390. (8.)	-455. (20.)
1661.81258	6 2 4	6 1 5		2	995. (12.)	1018. (20.)	735. (51.)	700. (20.)
1663.49794	4 1 3	3 2 2		2	1035. (8.)	1028. (20.)	-176. (29.)	-245. (35.)
1664.00865	3 2 2	3 1 3		2	1010. (0.)	1045. (16.)	456. (44.)	551. (139.)
1666.63105	5 2 3	4 3 2		2	1020. (7.)	1012. (15.)	15. (51.)	-93. (156.)
1668.10192	6 3 3	5 4 2		2	886. (89.)	932. (20.)	105. (53.)	215. (34.)
1668.61926	4 0 4	3 1 3		2	983. (98.)	1004. (7.)	-62. (31.)	-210. (20.)
1672.60477	7 3 4	7 2 5		2	969. (15.)	982. (20.)	650. (86.)	646. (50.)
1676.94752	7 3 5	6 4 2		2	773. (80.)	807. (5.)	-640. (481.)	-615. (200.)
1680.78166	8 3 5	8 2 6		2	964. (96.)	1036. (15.)	1062. (531.)	977. (52.)
1681.41067	4 3 1	4 2 2		2	1025. (18.)	1013. (8.)	171. (40.)	140. (30.)
1682.34766	7 2 5	7 1 6		2	897. (6.)	910. (7.)	625. (8.)	641. (32.)
1686.82796	3 3 0	3 2 1		2	973. (97.)	980. (7.)	225. (113.)	255. (40.)
1690.23822	5 2 4	5 1 5		2	905. (1.)	912. (10.)	542. (112.)	541. (30.)
1692.69691	3 3 1	3 2 2		2	970. (16.)	962. (15.)	301. (61.)	264. (39.)
1693.24236	6 1 5	6 0 6		2	847. (85.)	878. (20.)	120. (60.)	-264. (46.)
1696.50600	9 3 6	9 2 7		2	860. (86.)	940. (28.)	1333. (667.)	1316. (21.)
1698.68909	2 2 0	1 1 1		2	1056. (106.)	1075. (30.)	513. (257.)	468. (11.)
1701.97039	5 3 3	5 2 4		2	874. (15.)	887. (8.)	577. (116.)	585. (35.)
1702.39648	6 2 4	5 3 3		2	940. (21.)	948. (20.)	69. (59.)	88. (45.)
1706.83589	6 2 5	6 1 6		2	810. (3.)	805. (10.)	445. (48.)	425. (10.)
1707.13872	8 2 6	8 1 7		2	774. (77.)	804. (27.)		
1711.63151	8 4 4	8 3 5		2	881. (88.)	966. (33.)		
1716.99647	7 1 6	7 0 7		2	780. (13.)	774. (4.)	-478. (17.)	-527. (31.)
1719.76445	7 4 3	7 3 4		2	965. (26.)	970. (7.)	-150. (52.)	-189. (53.)
1722.53721	7 3 5	7 2 6		2	741. (5.)	754. (9.)	981. (69.)	965. (9.)
1723.92040	6 1 5	5 2 4		2	907. (6.)	933. (10.)	-662. (94.)	-729. (30.)
1724.91953	7 2 6	7 1 7		2	684. (72.)	695. (15.)	187. (81.)	235. (36.)
1727.29701	7 1 7	6 0 6		2	659. (53.)	691. (10.)	482. (5.)	460. (25.)
1727.75577	6 4 2	6 3 3		2	920. (39.)	958. (11.)	287. (181.)	110. (60.)
1736.32719	4 4 0	4 3 1		2	879. (4.)	883. (3.)	-33. (4.)	-81. (70.)
1737.00719	8 3 6	8 2 7		2	639. (0.)	627. (39.)	972. (21.)	1000. (20.)
1737.71687	4 4 1	4 3 2		2	869. (2.)	868. (7.)	-121. (43.)	-150. (35.)
1738.37868	5 4 2	5 3 3		2	845. (2.)	838. (7.)	-41. (32.)	-50. (60.)
1738.65936	7 2 5	6 3 4		2	910. (8.)	905. (15.)	-303. (83.)	-304. (66.)
1739.59335	8 1 7	8 0 8		2	606. (35.)	640. (25.)	-589. (176.)	-652. (40.)
1740.13094	6 4 3	6 3 4		2	779. (7.)	808. (15.)	63. (18.)	7. (70.)
1740.65075	5 2 4	4 1 3		2	983. (11.)	1005. (11.)	395. (52.)	329. (26.)
1743.70041	7 4 4	7 3 5		2	718. (20.)	750. (19.)	205. (117.)	138. (55.)
1743.89855	8 0 8	7 1 7		2	540. (44.)	555. (35.)	308. (564.)	203. (25.)
1744.28822	8 1 8	7 0 7		2	546. (55.)	540. (25.)	433. (217.)	331. (21.)
1749.71268	8 4 5	8 3 6		2	658. (66.)	700. (21.)	566. (283.)	437. (27.)
1753.82160	6 2 5	5 1 4		2	950. (95.)	968. (7.)	310. (155.)	324. (35.)
1759.35753	10 2 8	10 1 9		2	655. (131.)	604. (13.)	-1294. (1294.)	-1119. (61.)
1760.96062	9 0 9	8 1 8		2	410. (38.)	407. (4.)	191. (96.)	62. (10.)
1761.12848	9 1 9	8 0 8		2	405. (5.)	407. (4.)	219. (14.)	154. (29.)
1763.23999	9 2 8	9 1 9		2	479. (30.)	471. (47.)	-10. (60.)	-104. (52.)
1767.72589	7 2 6	6 1 5		2	900. (17.)	894. (7.)	391. (15.)	359. (25.)
1770.21125	10 4 7	10 3 8		2	531. (23.)	546. (30.)	1252. (102.)	1293. (104.)
1773.31285	4 2 2	3 1 3		2	1050. (4.)	1048. (20.)	549. (7.)	518. (42.)
1774.63612	4 3 1	4 0 4		2	901. (180.)	973. (97.)	667. (667.)	596. (298.)
1777.44727	8 5 3	8 4 4		2	975. (195.)	895. (32.)		
1777.66254	10 0 10	9 1 9		2	293. (1.)	310. (7.)	-7. (27.)	-85. (25.)
1777.73559	10 1 10	9 0 9		2	299. (1.)	300. (10.)	56. (44.)	-20. (15.)
1778.06943	9 3 6	8 4 5		2	818. (82.)	841. (97.)	137. (69.)	287. (276.)
1781.57269	10 1 9	10 0 10		2	347. (3.)	406. (28.)	-543. (543.)	-530. (19.)
1782.36240	7 5 2	7 4 3		2	812. (26.)	827. (17.)	-405. (73.)	-305. (163.)
1782.69005	10 2 9	10 1 10		2	387. (6.)	403. (12.)	-63. (11.)	-119. (8.)
1783.18295	8 2 7	7 1 6		2	810. (74.)	774. (6.)	488. (244.)	494. (32.)
1784.74737	6 5 1	6 4 2		2	757. (30.)	784. (7.)	-286. (93.)	-330. (40.)
1785.56314	5 5 0	5 4 1		2	738. (16.)	755. (20.)	-531. (65.)	-624. (44.)
1785.80936	5 5 1	5 4 2		2	742. (74.)	766. (11.)	-588. (294.)	-510. (138.)
1785.87666	6 5 2	6 4 3		2	698. (6.)	729. (6.)	-465. (24.)	-505. (22.)
1786.02583	7 5 3	7 4 4		2	703. (4.)	701. (13.)	-419. (34.)	-583. (164.)
1786.69343	8 5 4	8 4 5		2	658. (66.)	690. (9.)	-585. (293.)	-685. (30.)
1791.11422	4 3 1	3 2 2		2	960. (10.)	958. (5.)	282. (23.)	184. (25.)
1792.06829	10 5 6	10 4 7		2	571. (114.)	547. (31.)	108. (108.)	12. (72.)
1794.04169	11 0 11	10 1 10		2	260. (2.)	250. (25.)	-93. (21.)	-170. (16.)
1794.07383	11 1 11	10 0 10		2	250. (15.)	254. (12.)	-187. (60.)	-139. (20.)
1795.36926	9 1 8	8 2 7		2	519. (3.)	527. (7.)	-673. (27.)	-752. (16.)
1796.40790	5 3 2	5 0 5		2	971. (33.)	1008. (10.)	636. (143.)	650. (70.)
1800.03872	9 2 8	8 1 7		2	620. (3.)	620. (12.)	659. (2.)	624. (28.)
1801.67912	5 3 3	4 2 2		2	995. (5.)	985. (14.)	66. (11.)	65. (30.)

Table 4. continued

computed position	upper J	K _a	K _c	lower J	K _a	K _c	band	b ^o (H ₂ ¹⁸ O)	b ^o (H ₂ ¹⁶ O)	d ^o (H ₂ ¹⁸ O)	d ^o (H ₂ ¹⁶ O)
1806.57442	9	2	7	8	3	6	2	794.(13.)	805.(79.)	-1608.(22.)	-1668.(834.)
1810.11466	12	0	12	11	1	11	2	144.(14.)	165.(5.)	-372.(186.)	-300.(80.)
1810.12905	12	1	12	11	0	11	2	169.(2.)	180.(8.)	-260.(2.)	-280.(20.)
1815.45025	10	1	9	9	2	8	2	407.(5.)	408.(8.)	-445.(7.)	-549.(20.)
1816.05895	6	3	4	5	2	3	2	998.(12.)	988.(15.)	3.(45.)	60.(30.)
1817.72908	10	2	9	9	1	8	2	466.(4.)	458.(5.)	471.(28.)	498.(10.)
1821.83447	5	3	2	4	2	3	2	975.(13.)	955.(6.)	747.(49.)	296.(44.)
1822.09412	5	2	3	4	1	4	2	1027.(9.)	1043.(7.)	-135.(149.)	485.(30.)
1825.89055	13	0	13	12	1	12	2	125.(10.)	123.(4.)	-324.(162.)	-200.(25.)
1825.89714	13	1	13	12	0	12	2	146.(15.)	142.(9.)	-246.(123.)	-184.(94.)
1827.89718	7	3	5	6	2	4	2	950.(9.)	945.(13.)	20.(45.)	-10.(50.)
1834.36800	6	6	1	6	5	2	2	595.(60.)	606.(51.)	-560.(280.)	-830.(328.)
1834.70140	4	4	1	3	3	0	2	773.(77.)	794.(6.)	-247.(124.)	-365.(35.)
1834.93513	4	4	0	3	3	1	2	779.(2.)	787.(8.)	-265.(4.)	-255.(45.)
1835.77116	11	2	10	10	1	9	2	326.(9.)	334.(4.)	240.(18.)	176.(17.)
1838.46848	8	3	6	7	2	5	2	895.(5.)	885.(4.)	260.(18.)	262.(15.)
1841.37795	14	1	14	13	0	13	2	113.(9.)	105.(14.)	-320.(10.)	-470.(36.)
1849.33870	9	3	7	8	2	6	2	859.(18.)	860.(12.)	544.(23.)	549.(25.)
1853.34753	12	1	11	11	2	10	2	224.(12.)	227.(19.)	-282.(28.)	-326.(39.)
1853.87481	12	2	11	11	1	10	2	240.(10.)	243.(8.)	-7.(32.)	-25.(35.)
1855.27620	11	3	8	10	4	7	2	788.(158.)	725.(29.)	-2016.(2016.)	-1705.(44.)
1856.57499	15	0	15	14	1	14	2	88.(9.)	89.(3.)	-321.(161.)	-266.(10.)
1858.27243	5	4	2	4	3	1	2	900.(3.)	890.(22.)	-187.(21.)	-246.(20.)
1858.47795	6	3	3	5	2	4	2	951.(34.)	955.(11.)	463.(69.)	512.(25.)
1859.86543	5	4	1	4	3	2	2	833.(79.)	825.(12.)	-241.(121.)	-285.(25.)
1871.49483	16	1	16	15	0	15	2	75.(7.)	78.(16.)	-363.(56.)	-414.(12.)
1871.63712	13	1	12	12	2	11	2	180.(3.)	170.(15.)	-306.(15.)	-288.(32.)
1871.89194	13	2	12	12	1	11	2	174.(11.)	180.(5.)	-282.(109.)	-172.(40.)
1876.71628	11	3	9	10	2	8	2	668.(123.)	642.(15.)	1391.(116.)	1097.(30.)
1877.77701	6	2	4	5	1	5	2	1027.(5.)	1040.(30.)	265.(86.)	325.(25.)
1879.78473	6	4	3	5	3	2	2	920.(7.)	912.(7.)	-90.(46.)	-115.(15.)
1885.76960	6	4	2	5	3	3	2	802.(9.)	826.(13.)	-73.(16.)	-99.(52.)
1889.75625	14	2	13	13	1	12	2	139.(14.)	131.(14.)	-247.(23.)	-260.(34.)
1893.42146	12	3	10	11	2	9	2	390.(28.)	471.(20.)	917.(0.)	977.(22.)
1894.90457	5	3	3	4	0	4	2	953.(10.)	1005.(60.)	472.(146.)	520.(18.)
1897.85207	7	4	4	6	3	3	2	905.(7.)	925.(11.)	-25.(31.)	-50.(30.)
1902.60678	7	3	4	6	2	5	2	970.(2.)	961.(20.)	489.(25.)	531.(29.)
1907.06285	13	2	11	12	3	10	2	336.(67.)	292.(5.)	-291.(291.)	-349.(18.)
1907.38144	15	1	14	14	2	13	2	159.(32.)	106.(8.)	-291.(291.)	-349.(18.)
1907.71251	5	5	0	4	4	1	2	600.(60.)	625.(15.)	-272.(34.)	-219.(25.)
1911.86900	8	4	5	7	3	4	2	915.(17.)	925.(9.)	-272.(34.)	-219.(25.)
1913.93136	7	4	3	6	3	4	2	815.(4.)	812.(4.)	247.(38.)	180.(32.)
1930.70164	10	4	7	9	3	6	2	814.(11.)	818.(16.)	-	-
1932.11673	6	5	2	5	4	1	2	691.(2.)	708.(14.)	-758.(23.)	-782.(28.)
1932.39067	6	5	1	5	4	2	2	672.(7.)	683.(10.)	-695.(2.)	-743.(19.)
1937.17078	6	3	4	5	0	5	2	950.(7.)	941.(60.)	740.(68.)	575.(74.)
1938.69576	7	2	5	6	1	6	2	950.(3.)	949.(35.)	296.(94.)	455.(67.)
1946.19840	8	4	4	7	3	5	2	840.(10.)	850.(30.)	887.(98.)	819.(42.)
1954.40621	8	3	5	7	2	6	2	960.(4.)	953.(44.)	-	-
1955.73421	7	5	3	6	4	2	2	749.(1.)	754.(27.)	-596.(7.)	-660.(38.)
1957.02922	7	5	2	6	4	3	2	710.(5.)	708.(19.)	-676.(6.)	-701.(38.)
1977.62983	8	5	4	7	4	3	2	810.(16.)	800.(8.)	-511.(13.)	-475.(25.)
1981.99053	8	5	3	7	4	4	2	673.(14.)	708.(17.)	-584.(116.)	-654.(59.)
1984.28881	7	3	5	6	0	6	2	852.(22.)	842.(26.)	680.(680.)	711.(19.)
1984.55327	9	4	5	8	3	6	2	822.(30.)	840.(18.)	1194.(107.)	1257.(33.)
1987.15305	6	4	3	5	1	4	2	866.(87.)	950.(25.)	-	-
1996.53036	9	5	5	8	4	4	2	858.(2.)	862.(25.)	-	-
2002.64706	8	2	6	7	1	7	2	715.(143.)	854.(21.)	-	-
2005.60258	7	6	2	6	5	1	2	548.(51.)	548.(34.)	-977.(570.)	-1035.(387.)
2005.64427	7	6	1	6	5	2	2	533.(19.)	564.(14.)	-1078.(136.)	-1038.(126.)
2008.08026	9	5	4	8	4	5	2	662.(7.)	685.(22.)	-366.(36.)	-373.(25.)
2011.31859	10	5	6	9	4	5	2	823.(165.)	899.(32.)	-	-
2012.79151	9	3	6	8	2	7	2	864.(34.)	912.(40.)	697.(283.)	772.(7.)
2029.99775	8	6	3	7	5	2	2	576.(6.)	588.(19.)	-1053.(40.)	-1077.(48.)
2030.23177	8	6	2	7	5	3	2	581.(63.)	578.(32.)	-1045.(154.)	-989.(47.)
2035.14354	8	3	6	7	0	7	2	691.(138.)	781.(32.)	641.(641.)	821.(9.)
2049.72421	8	4	5	7	1	6	2	775.(155.)	870.(30.)	548.(548.)	730.(13.)
2052.99412	7	7	0	6	6	1	2	353.(7.)	366.(46.)	-1193.(51.)	-1191.(596.)
2054.51439	9	6	3	8	5	4	2	570.(18.)	621.(26.)	-1060.(70.)	-1079.(22.)
2075.72221	10	6	5	9	5	4	2	606.(121.)	674.(13.)	-1319.(1319.)	-1229.(22.)
2078.16700	8	7	2	7	6	1	2	430.(18.)	440.(40.)	-922.(163.)	-994.(497.)
2123.62138	8	8	1	7	0	2	2	281.(21.)	277.(6.)	-1068.(1.)	-1101.(10.)
2149.12578	9	8	1	8	7	2	2	311.(62.)	347.(16.)	-1274.(1274.)	-1184.(37.)

computed positions are H₂¹⁸O frequencies from Toth, ref.(15) and represents zero pressure frequencies
 b^o values $\times 10^4$ and d^o values $\times 10^5$

values given within parentheses are uncertainties in the last digit(s)

Table 5. Observed values of air-broadened width (HWHM) and shift coefficients, b° and d° , for the (020)-(010) and (100)-(010) bands of $H_2^{16}O$ and smoothed values from the (010)-(000) band of $H_2^{16}O$.

upper				lower				computed		b°		d°	
J	K _a	K _c	J	K _a	K _c	band	position	smoothed	observed	smoothed	observed		
5	1	4	4	2	3	3	1657.43826	895.	831.(83.)	-542.	-1634.(817.)		
2	1	2	1	0	1	3	1619.36015	1022.	997.(36.)	440.	455.(69.)		
4	1	4	3	0	3	3	1649.80758	960.	898.(90.)	520.	559.(80.)		
5	1	5	4	0	4	3	1665.02900	865.	830.(14.)	470.	448.(47.)		
6	1	6	5	0	5	3	1681.09233	730.	726.(36.)	371.	456.(228.)		
9	1	9	8	0	8	3	1731.46770	365.	338.(34.)	83.	75.(38.)		
2	0	2	1	1	1	3	1586.99407	1005.	992.(22.)	-138.	-63.(40.)		
3	0	3	2	1	2	3	1612.18109	948.	941.(7.)	-215.	-178.(36.)		
5	0	5	4	1	4	3	1657.38969	806.	770.(20.)	27.	254.(22.)		
6	0	6	5	1	5	3	1677.22329	732.	683.(10.)	111.	178.(32.)		
9	0	9	8	1	8	3	1731.03699	360.	337.(17.)	10.	-28.(38.)		
11	0	11	10	1	10	3	1764.59770	220.	203.(5.)	-210.	-224.(65.)		
2	2	1	1	1	0	4	2148.18853	990.	973.(63.)	88.	-338.(311.)		
3	2	2	2	1	1	4	2165.22562	948.	961.(192.)	115.	-710.(710.)		
11	2	10	10	1	9	3	1813.23330	300.	334.(67.)	105.			
4	3	2	3	2	1	3	1778.53096	905.	850.(19.)	40.	-165.(106.)		
8	3	6	7	2	5	3	1831.99400	793.	710.(71.)	210.			
3	3	0	2	2	1	3	1758.33308	837.	808.(11.)	255.	138.(24.)		
5	3	2	4	2	3	3	1814.71471	845.	817.(12.)	285.	262.(50.)		
6	3	3	5	2	4	3	1849.64108	847.	807.(47.)	450.	597.(213.)		
7	3	4	6	2	5	3	1891.55090	855.	843.(12.)	426.	678.(67.)		
4	4	1	3	3	0	3	1839.14695	702.	659.(5.)	-333.	-326.(56.)		
5	4	2	4	3	1	3	1862.95596	765.	753.(12.)	-227.	-497.(249.)		
6	4	3	5	3	2	3	1885.02081	806.	740.(40.)	-125.	-276.(22.)		
4	4	0	3	3	1	3	1839.32460	698.	640.(64.)	-277.	-327.(48.)		
5	4	1	4	3	2	3	1864.17126	737.	707.(19.)	-250.	-318.(42.)		
7	4	3	6	3	4	3	1916.68206	722.	595.(17.)	142.	46.(23.)		
5	5	1	4	4	0	3	1920.88522	567.	477.(33.)	-600.	-906.(906.)		
5	5	0	4	4	1	3	1920.91362	562.	487.(14.)	-667.	-924.(69.)		
7	5	2	6	4	3	3	1970.25549	600.	562.(16.)	-641.	-685.(117.)		
6	6	1	5	5	0	3	2000.90318	419.	422.(21.)	-808.	-987.(104.)		
6	6	0	5	5	1	3	2001.01686	422.	410.(35.)	-808.	-1224.(97.)		
7	6	1	6	5	2	3	2026.12071	490.	445.(17.)	-986.	-656.(402.)		
7	7	0	6	6	1	3	2078.23027	310.	339.(34.)	-1100.	-950.(950.)		
1	1	0	1	0	1	3	1583.35619	1042.	1016.(7.)	550.	688.(75.)		
2	1	1	2	0	2	3	1590.38134	1038.	1010.(101.)	543.	645.(323.)		
3	1	2	3	0	3	3	1602.72984	992.	948.(11.)	442.	550.(65.)		
5	1	4	5	0	5	3	1644.68805	882.	843.(84.)	14.			
3	2	1	3	1	2	3	1620.33582	975.	905.(19.)	200.	178.(39.)		
4	2	2	4	1	3	3	1620.46950	940.	856.(8.)	532.	437.(42.)		
5	2	3	5	1	4	3	1626.05912	940.	899.(16.)	540.	606.(31.)		
7	2	5	7	1	6	3	1657.75822	800.	770.(77.)	458.	918.(459.)		
2	2	1	2	1	2	3	1639.08392	972.	935.(37.)	335.	323.(112.)		
4	2	3	4	1	4	3	1660.46767	885.	846.(9.)	405.	422.(43.)		
6	2	5	6	1	6	3	1693.41744	711.	668.(67.)	291.	102.(51.)		
7	3	4	7	2	5	3	1660.24435	885.	815.(82.)	542.	614.(307.)		
6	3	4	6	2	5	3	1703.68008	737.	743.(74.)	567.	672.(336.)		
7	4	3	7	3	4	3	1725.51901	855.	894.(89.)	-148.	-298.(149.)		
6	2	5	7	1	6	3	1426.44052	733.	683.(21.)	730.	634.(95.)		
8	2	7	9	1	8	3	1383.65338	461.	444.(13.)	337.	341.(155.)		
1	0	1	2	1	2	4	2003.39231	1042.	1013.(101.)	-450.	-1326.(663.)		
2	0	2	3	1	3	3	1482.47745	991.	981.(64.)	-540.			
3	0	3	4	1	4	4	1969.77534	927.	868.(55.)	-602.	-902.(45.)		
4	0	4	5	1	5	3	1452.46878	865.	834.(45.)	-604.	-521.(261.)		
7	0	7	8	1	8	3	1400.94225	462.	442.(14.)	-443.	-391.(64.)		
8	0	8	9	1	9	3	1382.42327	363.	343.(16.)	-335.	-317.(48.)		
10	0	10	11	1	11	3	1344.45745	200.	219.(0.)	-171.	-417.(138.)		
11	0	11	12	1	12	3	1325.15851	141.	152.(7.)	-241.	-198.(19.)		
1	1	1	2	0	2	3	1531.12878	1007.	981.(98.)	79.	26.(13.)		
2	1	2	3	0	3	4	2003.00020	982.	938.(94.)	28.	-347.(174.)		
3	1	3	4	0	4	3	1482.53989	895.	825.(7.)	140.	-115.(111.)		

Table 5. continued

upper		lower		band	computed		^{b°}		^{d°}		
J	K _a	K _c	J	K _a	K _c	position	smoothed	observed	smoothed	observed	
4	1	4	5	0	5	3	1460.93771	812.	807. (1.)	-56.	-128. (64.)
5	1	5	6	0	6	3	1440.69963	698.	672. (13.)	-135.	-255. (28.)
6	1	6	7	0	7	3	1421.21592	595.	550. (11.)	-185.	-249. (56.)
7	1	7	8	0	8	3	1402.05545	462.	442. (15.)	-256.	-256. (51.)
8	1	8	9	0	9	3	1382.97009	348.	337. (10.)	-269.	-292. (9.)
10	1	10	11	0	11	3	1344.59245	207.	192. (8.)	-238.	-251. (61.)
11	1	11	12	0	12	3	1325.22708	141.	163. (33.)	-270.	
2	1	1	3	2	2	3	1441.55833	942.	957. (22.)	-70.	
3	1	2	4	2	3	3	1426.61018	910.	898. (20.)	-191.	-182. (42.)
4	1	3	5	2	4	3	1414.42228	883.	876. (14.)	-335.	-235. (40.)
5	1	4	6	2	5	3	1404.16852	846.	800. (80.)	-479.	-406. (203.)
7	1	6	8	2	7	3	1384.17032	666.	622. (10.)	-907.	-918. (124.)
1	1	1	2	2	0	3	1452.60700	1001.	989. (99.)	-594.	
3	1	3	4	2	2	3	1377.08997	950.	876. (88.)	-275.	-499. (250.)
4	1	4	5	2	3	3	1327.73552	953.	940. (18.)	-195.	-189. (87.)
6	1	6	7	2	5	3	1209.26625	914.	838. (84.)	-345.	-599. (300.)
2	2	0	3	3	1	3	1409.75920	841.	827. (83.)	44.	-39. (15.)
4	2	2	5	3	3	3	1369.53145	861.	811. (30.)	144.	114. (248.)
5	2	3	6	3	4	3	1355.20985	869.	839. (66.)	13.	221. (111.)
2	2	1	3	3	0	3	1408.52958	854.	800. (12.)	-187.	-194. (42.)
3	2	2	4	3	1	3	1381.76361	836.	806. (16.)	-310.	-274. (98.)
4	2	3	5	3	2	3	1351.57016	858.	810. (15.)	-365.	-426. (72.)
3	3	0	4	4	1	3	1371.03947	672.	608. (12.)	168.	112. (40.)
4	3	1	5	4	2	3	1347.03163	717.	664. (4.)	281.	464. (46.)
5	3	2	6	4	3	3	1324.34949	755.	696. (7.)	281.	514. (19.)
3	3	1	4	4	0	3	1370.89240	659.	600. (9.)	-10.	60. (15.)
4	3	2	5	4	1	3	1346.00353	700.	630. (18.)	-5.	76. (35.)
6	3	4	7	4	3	3	1292.82692	749.	655. (18.)	-587.	-710. (21.)
5	4	1	6	5	2	3	1316.12962	566.	497. (50.)	250.	286. (143.)
6	4	2	7	5	3	3	1292.01131	595.	550. (55.)	306.	342. (223.)
5	4	2	6	5	1	3	1315.99316	551.	548. (110.)	137.	388. (388.)
6	4	3	7	5	2	3	1291.34791	565.	508. (12.)	40.	-84. (35.)
6	5	1	7	6	2	3	1291.93029	452.	400. (80.)	240.	
7	5	2	8	6	3	3	1267.51319	460.	377. (38.)	19.	-219. (110.)
6	5	2	7	6	1	3	1291.90521	420.	400. (40.)	142.	-276. (395.)
6	6	1	7	7	0	3	1297.13464	284.	306. (31.)	-471.	-458. (229.)
4	0	4	5	3	3	3	1248.89010	945.	839. (168.)	-490.	-367. (367.)
5	0	5	6	3	4	3	1207.27418	907.	737. (147.)	-623.	-918. (918.)
1	0	1	1	1	0	3	1534.93544	1045.	1015. (102.)	-665.	-490. (245.)
5	0	5	5	1	4	3	1478.12345	880.	856. (16.)	-77.	-79. (48.)
7	0	7	7	1	6	3	1428.87885	704.	670. (30.)	227.	478. (45.)
9	0	9	9	1	8	3	1380.62386	454.	450. (19.)	141.	107. (54.)
3	1	2	3	2	1	3	1515.29141	970.	957. (96.)	-558.	-758. (379.)
5	1	4	5	2	3	3	1511.48586	924.	878. (88.)	-577.	-556. (278.)
4	1	4	4	2	3	4	1969.55886	901.	901. (180.)	-215.	-364. (364.)
6	1	6	6	2	5	3	1440.57280	740.	694. (10.)	-350.	-340. (37.)
10	1	10	10	2	9	3	1356.03845	370.	369. (37.)	-231.	155. (78.)
3	2	1	3	3	0	3	1485.13358	858.	860. (30.)	-167.	-118. (63.)
4	2	3	4	3	2	3	1477.24877	827.	783. (15.)	-547.	-595. (65.)
8	2	7	8	3	6	3	1441.54070	628.	591. (8.)	-866.	-822. (411.)
4	3	1	4	4	0	3	1469.10832	763.	716. (72.)	124.	61. (31.)
7	3	4	7	4	3	3	1480.69774	800.	797. (80.)	115.	782. (391.)
5	3	3	5	4	2	3	1467.79752	688.	691. (69.)	-251.	-421. (211.)
6	3	4	6	4	3	3	1466.58460	668.	610. (25.)	-586.	-652. (103.)

 b^o in $\text{cm}^{-1}/\text{atm.} \times 10^4$ and d^o in $\text{cm}^{-1}/\text{atm.} \times 10^5$ band notation: 3 represents the (020)-(010) band and 4 is the (100)-(010) band
computed positions from Toth (14) and represents the zero pressure frequencies

Table 6. Rotational transitions in the (010)-(000) band of H₂¹⁶O
 which do not have equal values for rotational reversal
 for b°, observed in this study. b° in cm⁻¹/atm. × 10⁴

-----air-broadening-----						-----N ₂ -broadening-----					
J	K _a	K _c	J	K _a	K _c	type of transition		difference	type of transition		difference
						R or Q ⁺	P or Q ⁻		R or Q ⁺	P or Q ⁻	
16	1	15	15	2	14	78.(5.)	96.(2.)	-18.(5.)	86.(6.)	100.(6.)	-14.(8.)
7	2	6	6	3	3	870.(22.)	822.(9.)	48.(24.)	230.(5.)	214.(7.)	16.(9.)
14	2	12	13	3	11						
5	3	3	4	4	0	758.(17.)	790.(8.)	-32.(19.)			
7	3	5	6	4	2	743.(3.)	719.(11.)	24.(11.)			
10	3	8	9	4	5	835.(17.)	726.(13.)	109.(21.)			
7	3	4	6	4	3	830.(25.)	892.(28.)	-62.(38.)			
10	3	7	9	4	6	673.(11.)	726.(9.)	-53.(14.)			
13	3	10	12	4	9	488.(8.)	464.(5.)	24.(9.)			
8	4	5	7	5	2	594.(11.)	632.(12.)	-38.(16.)			
7	4	3	6	5	2	634.(63.)	755.(8.)	-121.(64.)			
8	4	4	7	5	3	693.(8.)	747.(8.)	-54.(11.)			
8	5	4	7	6	1	543.(7.)	587.(19.)	-44.(20.)			
9	2	8	8	1	7				620.(12.)	585.(10.)	35.(16.)
16	2	15	15	1	14	71.(5.)	95.(1.)	-24.(5.)	76.(2.)	95.(3.)	-19.(4.)
7	2	5	6	1	6	853.(11.)	914.(10.)	-61.(15.)			
4	3	2	3	2	1	905.(9.)	860.(25.)	45.(27.)			
14	3	12	13	2	11				250.(4.)	234.(3.)	16.(5.)
5	3	2	4	2	3	845.(3.)	858.(2.)	-13.(6.)			
11	3	8	10	2	9				685.(9.)	715.(9.)	-30.(13.)
4	4	1	3	3	0	702.(4.)	672.(12.)	30.(13.)	794.(6.)	758.(9.)	36.(11.)
5	4	2	4	3	1	768.(7.)	717.(7.)	51.(10.)	890.(17.)	812.(10.)	78.(20.)
6	4	3	5	3	2	806.(5.)	755.(7.)	51.(8.)	912.(7.)	865.(11.)	47.(13.)
7	4	4	6	3	3	822.(6.)	773.(21.)	49.(22.)	925.(11.)	883.(9.)	42.(14.)
4	4	0	3	3	1	698.(6.)	659.(15.)	39.(16.)	787.(8.)	749.(10.)	38.(13.)
6	4	2	5	3	3	723.(17.)	688.(5.)	35.(18.)	826.(5.)	805.(13.)	21.(14.)
7	4	3	6	3	4	722.(13.)	749.(8.)	-27.(15.)	812.(4.)	841.(10.)	-29.(11.)
9	4	5	8	3	6	763.(25.)	841.(10.)	-78.(27.)	840.(18.)	944.(31.)	-104.(36.)
10	4	6	9	3	7	764.(10.)	808.(19.)	-44.(21.)			
6	5	2	5	4	1	622.(10.)	566.(6.)	56.(12.)	708.(14.)	648.(6.)	60.(15.)
7	5	3	6	4	2	682.(12.)	595.(6.)	87.(13.)	754.(27.)	687.(12.)	67.(30.)
8	5	4	7	4	3	707.(10.)	617.(12.)	90.(16.)	800.(8.)	710.(12.)	90.(14.)
9	5	5	8	4	4	773.(17.)	686.(33.)	87.(37.)	862.(25.)	769.(25.)	93.(35.)
10	5	6	9	4	5	792.(12.)	704.(14.)	88.(18.)	899.(32.)	783.(10.)	116.(34.)
11	5	7	10	4	6	791.(31.)	695.(1.)	96.(31.)	862.(18.)	781.(37.)	81.(41.)
5	5	0	4	4	1	562.(7.)	506.(6.)	56.(9.)	625.(15.)	565.(4.)	60.(16.)
6	5	1	5	4	2	595.(9.)	551.(12.)	44.(15.)	683.(10.)	633.(12.)	50.(16.)
7	5	2	6	4	3	608.(11.)	565.(4.)	43.(12.)	708.(11.)	622.(17.)	86.(20.)
8	5	3	7	4	4				708.(17.)	638.(6.)	70.(18.)
10	5	5	9	4	6	570.(7.)	635.(7.)	-65.(10.)	645.(8.)	730.(23.)	-85.(24.)
11	5	6	10	4	7	584.(18.)	681.(23.)	-97.(29.)	643.(15.)	770.(12.)	-127.(19.)
12	5	7	11	4	8	590.(12.)	770.(77.)	-180.(78.)	679.(34.)	924.(60.)	-245.(69.)
13	5	8	12	4	9				751.(29.)	852.(2.)	-101.(29.)
8	6	3	7	5	2	517.(15.)	457.(16.)	60.(22.)	588.(19.)	528.(25.)	60.(31.)
9	6	4	8	5	3	563.(19.)	491.(9.)	72.(21.)	616.(11.)	549.(20.)	67.(23.)
10	6	5	9	5	4	598.(13.)	494.(4.)	104.(14.)	674.(13.)	578.(32.)	96.(35.)
11	6	6	10	5	5	637.(13.)	502.(10.)	135.(16.)	727.(8.)	568.(6.)	159.(10.)
12	6	7	11	5	6	650.(16.)	535.(21.)	115.(26.)	748.(16.)	586.(1.)	162.(16.)
7	6	1	6	5	2	490.(13.)	420.(9.)	70.(16.)	564.(15.)	488.(11.)	76.(19.)
8	6	2	7	5	3	538.(20.)	469.(20.)	69.(28.)	578.(32.)	515.(20.)	63.(38.)
9	6	3	8	5	4	546.(15.)	476.(11.)	70.(19.)	621.(26.)	536.(22.)	85.(34.)
10	6	4	9	5	5	545.(13.)	461.(8.)	84.(15.)	630.(49.)	519.(18.)	111.(52.)
11	6	5	10	5	6	499.(4.)	460.(7.)	39.(8.)	562.(13.)	524.(11.)	38.(17.)
12	6	6	11	5	7	440.(7.)	513.(1.)	-73.(7.)	513.(1.)	573.(27.)	-60.(27.)
9	7	3	8	6	2				543.(54.)	425.(35.)	118.(64.)
10	7	4	9	6	3	459.(11.)	391.(7.)	68.(13.)	516.(16.)	450.(13.)	66.(21.)
11	7	5	10	6	4	450.(7.)	398.(6.)	52.(9.)	531.(8.)	452.(7.)	79.(11.)
12	7	6	11	6	5	459.(6.)	384.(4.)	75.(7.)	496.(24.)	434.(8.)	62.(25.)

Table 6. continued

air-broadening						N_2 -broadening					
			type of transition						type of transition		
J	K _a	K _c	R or Q ⁺	P or Q ⁻	difference	R or Q ⁺	P or Q ⁻	difference	R or Q ⁺	P or Q ⁻	difference
10	7	3	9	6	4	466.(16.)	372.(37.)	94.(40.)	510.(8.)	443.(10.)	67.(13.)
11	7	4	10	6	5	436.(7.)	385.(3.)	51.(8.)	490.(12.)	439.(8.)	51.(14.)
8	8	1	7	7	0	256.(7.)	308.(11.)	-52.(13.)			
9	8	1	8	7	2	310.(2.)	280.(15.)	30.(15.)			
10	9	2	9	8	1				285.(5.)	259.(14.)	26.(15.)
8	4	5	7	1	6	767.(16.)	801.(7.)	-34.(17.)			
9	4	6	8	1	7	681.(10.)	713.(12.)	-32.(16.)	776.(6.)	818.(18.)	-42.(19.)
10	4	7	9	1	8	585.(13.)	616.(9.)	-31.(16.)	677.(9.)	710.(9.)	-33.(13.)
11	4	8	10	1	9				569.(10.)	614.(5.)	-45.(11.)
12	4	9	11	1	10				449.(4.)	495.(15.)	-46.(16.)
6	4	2	5	1	5				911.(17.)	946.(8.)	-35.(19.)
7	4	3	6	1	6				888.(7.)	922.(15.)	-34.(17.)
10	5	6	9	2	7	721.(5.)	761.(13.)	-40.(14.)	842.(15.)	877.(9.)	-35.(17.)
10	1	9	10	0	10	355.(8.)	383.(8.)	-28.(11.)			
12	1	11	12	0	12	224.(2.)	247.(9.)	-23.(9.)	260.(3.)	281.(10.)	-21.(10.)
7	2	6	7	1	7	625.(15.)	655.(12.)	-30.(19.)	695.(15.)	744.(6.)	-49.(16.)
13	3	10	13	2	11	435.(7.)	391.(12.)	44.(14.)			
8	3	6	8	2	7	605.(8.)	628.(15.)	-23.(17.)	670.(20.)	715.(12.)	-45.(23.)
4	4	0	4	3	1				883.(8.)	846.(6.)	37.(10.)
6	4	2	6	3	3	848.(17.)	797.(14.)	51.(22.)	958.(11.)	913.(17.)	45.(20.)
7	4	3	7	3	4	855.(10.)	800.(12.)	55.(16.)	970.(7.)	911.(15.)	59.(17.)
4	4	1	4	3	2				868.(7.)	818.(7.)	50.(10.)
5	4	2	5	3	3	750.(8.)	688.(7.)	62.(11.)	838.(7.)	768.(4.)	70.(8.)
6	4	3	6	3	4	720.(15.)	668.(11.)	52.(18.)	808.(15.)	759.(8.)	49.(17.)
12	4	9	12	3	10	341.(12.)	372.(7.)	-31.(14.)	369.(15.)	418.(12.)	-49.(19.)
6	5	1	6	4	2	684.(17.)	619.(24.)	65.(29.)	784.(7.)	710.(14.)	74.(16.)
8	5	3	8	4	4	769.(9.)	696.(15.)	73.(17.)	895.(32.)	734.(11.)	161.(34.)
8	5	4	8	4	5	620.(20.)	565.(20.)	55.(28.)	700.(11.)	640.(25.)	60.(27.)
7	6	1	7	5	2	564.(8.)	507.(6.)	57.(10.)	618.(20.)	570.(25.)	48.(32.)
11	6	5	11	5	6	690.(26.)	536.(54.)	154.(60.)	770.(15.)	529.(53.)	241.(55.)
7	6	2	7	5	3	527.(9.)	492.(12.)	35.(15.)			
8	6	3	8	5	4	575.(28.)	486.(6.)	89.(29.)	650.(26.)	544.(13.)	106.(29.)
8	4	4	8	1	7	753.(11.)	791.(12.)	-38.(16.)			
9	4	5	9	1	8	761.(11.)	801.(3.)	-40.(11.)	875.(13.)	902.(13.)	-27.(18.)
5	5	0	5	2	3	862.(12.)	887.(5.)	-25.(13.)			
6	5	1	6	2	4	791.(25.)	834.(12.)	-43.(28.)	870.(30.)	938.(14.)	-68.(33.)

the first set of rotational quantum numbers pertain to the upper vibrational state of R and Q⁺ transitions and the second set denotes the lower state for these transitions. The opposite is found for P and Q⁻ transitions.

values given within parentheses are uncertainties in the last digit(s)

Table 7. Comparison of observed line strengths, ($\text{cm}^{-2}/\text{atm.}$ at 296K), and air-broadened widths (HWHM), b^o ($\text{cm}^{-1}/\text{atm.}$), of H_2^{16}O from this work with those from the study of Rinsland et al.^a

line position	upper			lower			line strength		b^o	
	J	K _a	K _c	J	K _a	K _c	this work	Rinsland	this work	Rinsland
802.9900	13	7	6	12	4	9	7.85E-04 (4)	7.94E-04 (7.1)	0.0437 (6)	0.0424 (24)
803.5464	11	8	3	10	5	6	1.35E-03 (2)	1.39E-03 (8.7)	0.0560 (9)	0.0524 (54)
805.9937	16	3	13	15	2	14	1.12E-04 (2)	1.11E-04 (10.5)	0.0249 (9)	0.0246 (22)
806.6956	17	4	13	16	3	14	3.76E-05 (2)	4.03E-05 (29.2)	0.0310 (7)	0.0289 (60)
808.0379	16	4	13	15	1	14	3.35E-04 (2)	3.33E-04 (10.7)	0.0262 (7)	0.0235 (21)
808.2802	8	7	2	7	2	5	3.90E-04 (3)	3.88E-04 (8.1)	0.0813 (12)	0.0804 (31)
814.5170	12	8	5	11	5	6	6.24E-04 (3)	6.27E-04 (3.7)	0.0667 (25)	0.0668 (21)
825.1627	8	6	2	7	1	7	1.66E-04 (2)	1.63E-04 (11.0)	0.0781 (8)	0.0751 (26)
835.5530	14	8	7	13	5	8	8.31E-05 (2)	8.01E-05 (11.0)	0.0686 (3)	0.0663 (51)
841.9028	7	7	0	6	2	5	5.48E-05 (4)	5.08E-05 (12.3)	0.0829 (27)	0.0764 (65)
849.5795	11	6	6	10	1	9	6.14E-04 (5)	6.00E-04 (3.2)	0.0617 (11)	0.0610 (15)
853.3766	14	6	8	13	3	11	1.04E-04 (2)	9.83E-05 (7.6)	0.0633 (27)	0.0633 (26)
854.5833	13	5	8	12	2	11	7.42E-04 (3)	7.26E-04 (1.4)	0.0784 (16)	0.0762 (27)
858.5429	17	3	14	16	2	15	7.31E-05 (1)	7.34E-05 (12.5)	0.0208 (7)	0.0210 (16)
864.9589	11	9	3	10	6	4	1.00E-04 (1)	9.75E-05 (3.4)	0.0517 (14)	0.0502 (16)
865.4477	11	9	2	10	6	5	2.98E-04 (2)	2.91E-04 (2.6)	0.0490 (6)	0.0478 (17)
865.6865	18	5	14	17	2	15	6.85E-06 (4)	7.63E-06 (27.9)	0.0179 (30)	0.0168 (34)
871.2527	11	5	7	10	0	10	4.46E-04 (3)	4.40E-04 (5.1)	0.0679 (9)	0.0671 (17)
881.0825	8	7	1	7	2	6	4.78E-05 (2)	4.70E-05 (13.6)	0.0740 (35)	0.0742 (53)
883.0730	15	7	8	14	4	11	5.45E-05 (3)	5.02E-05 (11.1)	0.0460 (20)	0.0443 (32)
883.8444	11	7	5	10	2	8	2.18E-04 (2)	2.17E-04 (2.2)	0.0669 (6)	0.0656 (22)
887.2203	9	6	3	8	1	8	3.83E-04 (4)	3.88E-04 (8.8)	0.0717 (21)	0.0713 (19)
888.6435	12	9	4	11	6	5	1.54E-04 (3)	1.52E-04 (5.9)	0.0510 (8)	0.0500 (16)
890.0926	12	9	3	11	6	6	5.22E-05 (2)	5.13E-05 (7.4)	0.0509 (26)	0.0469 (44)
*896.5048	12	0	12	13	3	11	1.00E-05 (3)	1.10E-05 (26.8)	0.0357 (71)	0.0371 (114)
*897.6940	12	1	12	13	2	11	3.01E-05 (2)	3.09E-05 (11.2)	0.0380 (20)	0.0352 (35)
906.2278	17	2	15	16	1	16	1.07E-04 (3)	1.07E-04 (9.3)	0.0208 (6)	0.0207 (18)
906.3090	17	3	15	16	0	16	3.52E-05 (3)	3.63E-05 (11.4)	0.0206 (7)	0.0213 (12)
906.7528	15	8	7	14	5	10	2.28E-05 (5)	2.23E-05 (14.3)	0.0368 (10)	0.0314 (24)
908.9525	12	6	7	11	1	10	6.95E-04 (4)	6.77E-04 (0.7)	0.0597 (8)	0.0582 (20)
910.7096	18	4	15	17	1	16	1.44E-05 (4)	1.50E-05 (17.1)	0.0194 (10)	0.0177 (29)
913.9829	13	9	4	12	6	7	6.53E-05 (2)	6.60E-05 (8.3)	0.0440 (18)	0.0443 (28)
921.3978	15	6	9	14	3	12	5.53E-05 (4)	5.70E-05 (14.2)	0.0717 (70)	0.0719 (78)
922.1354	12	7	6	11	2	9	3.44E-04 (4)	3.36E-04 (2.9)	0.0610 (14)	0.0575 (22)
937.3195	14	9	5	13	6	8	7.30E-06 (5)	7.39E-06 (28.6)	0.0390 (S)	0.0400 (123)
941.0223	14	5	9	13	2	12	4.53E-05 (2)	4.32E-05 (10.9)	0.0721 (30)	0.0723 (59)
948.2629	12	5	8	11	0	11	4.33E-04 (2)	4.28E-04 (3.5)	0.0664 (19)	0.0634 (14)
*953.3674	11	0	11	12	3	10	1.19E-04 (1)	1.18E-04 (4.0)	0.0406 (23)	0.0399 (15)
*954.1095	8	4	5	9	7	2	8.70E-06 (5)	8.68E-06 (37.8)	0.0652 (S)	0.0574 (135)
955.2518	10	6	4	9	1	9	7.56E-05 (2)	7.19E-05 (8.3)	0.0692 (50)	0.0687 (44)
*955.6870	11	1	11	12	2	10	4.01E-05 (3)	3.88E-05 (5.8)	0.0402 (33)	0.0398 (37)
971.3647	10	8	3	9	3	6	5.00E-05 (3)	4.78E-05 (11.1)	0.0730 (40)	0.0755 (39)
*971.6561	12	2	11	13	3	10	3.50E-05 (2)	3.38E-05 (12.2)	0.0477 (S)	0.0456 (41)
973.4832	13	6	8	12	1	11	7.00E-05 (3)	6.99E-05 (5.2)	0.0580 (26)	0.0561 (23)
973.9833	10	7	3	9	2	8	5.17E-05 (2)	5.03E-05 (7.7)	0.0589 (59)	0.0646 (22)
*977.4315	8	1	8	9	4	5	6.50E-05 (2)	6.02E-05 (17.3)	0.0784 (78)	0.0792 (85)
984.1118	11	8	4	10	3	7	1.97E-05 (3)	2.02E-05 (19.8)	0.0719 (144)	0.0765 (79)
*998.8096	8	3	6	9	6	3	5.42E-05 (3)	5.92E-05 (6.7)	0.0637 (22)	0.0649 (48)
1000.2889	12	8	5	11	3	8	4.90E-05 (3)	4.80E-05 (18.8)	0.0729 (73)	0.0691 (91)
*1010.0282	10	0	10	11	3	9	1.41E-04 (2)	1.41E-04 (3.8)	0.0462 (11)	0.0458 (16)
*1010.8133	11	1	10	12	4	9	1.31E-04 (2)	1.31E-04 (4.5)	0.0425 (7)	0.0429 (3)
*1014.4752	10	1	10	11	2	9	4.33E-04 (2)	4.38E-04 (1.5)	0.0502 (10)	0.0494 (7)
1017.4528	14	7	8	13	2	11	4.32E-05 (2)	4.48E-05 (11.2)	0.0504 (40)	0.0509 (28)
*1017.8685	8	2	7	9	5	4	1.52E-04 (3)	1.52E-04 (5.6)	0.0699 (17)	0.0679 (28)
1042.5251	14	6	9	13	1	12	5.50E-05 (3)	5.42E-05 (2.2)	0.0541 (36)	0.0517 (23)
*1072.6135	10	2	8	11	5	7	7.57E-05 (5)	7.41E-05 (17.9)	0.0669 (50)	0.0646 (94)
*1085.4363	5	3	2	6	6	1	5.30E-05 (4)	5.30E-05 (18.4)	0.0809 (81)	0.0755 (60)
*1091.2049	10	2	9	11	3	8	6.80E-04 (2)	6.67E-04 (2.3)	0.0625 (13)	0.0648 (7)
*1099.6793	9	2	7	10	5	6	5.30E-04 (3)	5.27E-04 (2.5)	0.0761 (13)	0.0720 (22)
*1101.4506	6	2	5	7	5	2	5.38E-04 (2)	5.40E-04 (8.1)	0.0715 (21)	0.0730 (21)
*1106.7439	9	1	8	10	4	7	1.56E-03 (2)	1.56E-03 (2.2)	0.0616 (9)	0.0599 (36)
*1117.6170	11	3	9	12	4	8	7.76E-05 (10)	7.36E-05 (15.9)	0.0782 (78)	0.0690 (59)
*1149.4692	8	1	7	9	4	6	1.37E-03 (1)	1.34E-03 (0.5)	0.0712 (12)	0.0687 (45)

(a) from ref. (2)

* represents transitions in the (010)-(000) band, other entries are transitions in the (000)-(000) band
Values given within parenthesis pertain to uncertainties in percent for strengths and uncertainties in the last digit(s) for linewidths.

Entries for b^o from this work with (S) means that b^o was not measured in this work and the value given is the smoothed value taken from Tables 2 and 3.

line positions computed from energy level values given in ref. (13)

Table 8. Comparison of $H_2^{16}O$ air-broadened widths, b^o , and shifts, d^o , in the (010)-(000) band between values in this work and those reported by Yamada et al.^a for transitions with smoothed^b values of $b^o < 0.041 \text{ cm}^{-1}/\text{atm.}$

line position	upper J K _a K _c	lower J K _a K _c	$b^o (\text{cm}^{-1}/\text{atm.})$			$d^o (\text{cm}^{-1}/\text{atm.} \times 10^5)$		
			smoothed	this work	Yamada	Yamada-C ^c	this work	
*1257.0876	10 8 3	11 9 2	0.0275	0.0275(9)	0.0280(11)	0.0248	-250(56)	-547(77)
1266.5611	9 6 4	10 7 3	0.0386	0.0372(37)	0.0361(8)	0.0321	-151(76)	-157(50)
1272.3436	9 7 2	10 8 3	0.0310	0.0309(26)	0.0302(7)	0.0264	-87(64)	-261(43)
*1276.6262	15 0 15	16 1 16	0.0060	0.0060(4)	0.0097(2)	0.0071	-332(19)	-297(19)
*1281.1613	9 8 1	10 9 2	0.0236	0.0235(10)	0.0200(10)	0.0170	-185(46)	-120(64)
*1292.3716	9 9 0	10 10 1	0.0158	0.0152(4)	0.0182(4)	0.0159	-427(26)	-556(30)
*1296.4901	8 7 2	9 8 1	0.0295	0.0280(15)	0.0296(1)	0.0265	-167(0)	-184(8)
1297.1837	14 1 14	15 0 15	0.0075	0.0078(7)	0.0108(1)	0.0078	-403(9)	-270(9)
*1305.4884	8 8 1	9 9 0	0.0185	0.0185(19)	0.0201(2)	0.0173	-468(234)	-482(12)
*1314.7434	7 6 1	8 7 2	0.0405	0.0399(40)	0.0355(1)	0.0319	-291(146)	-66(8)
*1320.8688	7 7 0	8 8 1	0.0308	0.0308(11)	0.0243(0)	0.0215	-504(144)	-437(4)
1325.6051	13 2 11	14 3 12	0.0217	0.0214(15)	0.0301(9)	0.0263	-954(40)	-1086(60)
1326.1348	13 1 12	14 2 13	0.0115	0.0118(4)	0.0148(1)	0.0118	-411(4)	-396(11)
1326.3314	13 2 12	14 1 13	0.0124	0.0125(6)	0.0165(5)	0.0134	-372(13)	-291(24)
1327.5711	14 1 14	14 2 13	0.0170	0.0173(4)	0.0184(5)	0.0152	-478(24)	-480(38)
1327.5990	14 0 14	14 1 13	0.0177	0.0173(7)	0.0188(16)	0.0157	-458(41)	-626(99)
1344.0689	12 2 11	13 1 12	0.0158	0.0164(9)	0.0184(1)	0.0150	-324(16)	-329(8)
1345.5392	12 3 10	13 2 11	0.0255	0.0259(8)	0.0322(3)	0.0279	245(20)	177(18)
1348.7567	13 1 13	13 2 12	0.0200	0.0200(5)	0.0225(3)	0.0191	-399(17)	-443(21)
1348.8156	13 0 13	13 1 12	0.0207	0.0204(5)	0.0228(1)	0.0196	-376(15)	-350(9)
1361.7962	11 2 10	12 1 11	0.0210	0.0210(7)	0.0234(11)	0.0196	-272(28)	-257(8)
1369.8277	12 1 12	12 2 11	0.0242	0.0249(14)	0.0273(1)	0.0235	-338(35)	-314(7)
1369.9530	12 0 12	12 1 11	0.0248	0.0247(9)	0.0271(1)	0.0233	-279(32)	-259(11)
1390.7583	11 1 11	11 2 10	0.0300	0.0299(3)	0.0316(1)	0.0273	-292(13)	-281(8)
1391.0264	11 0 11	11 1 10	0.0300	0.0302(14)	0.0321(0)	0.0278	-130(18)	-120(7)
1406.1507	13 2 12	13 3 11	0.0235	0.0233(5)	0.0297(9)	0.0260	-512(51)	-396(60)
1407.1641	13 1 12	13 2 11	0.0245	0.0244(4)	0.0254(3)	0.0217	-121(40)	-131(19)
1425.8450	12 1 11	12 2 10	0.0320	0.0314(6)	0.0317(4)	0.0274	98(38)	118(26)
1798.1338	11 3 9	11 2 10	0.0360	0.0353(6)	0.0300(10)	0.0254	221(50)	98(61)
1808.3720	12 4 9	12 3 10	0.0340	0.0341(12)	0.0327(13)	0.0285	831(39)	919(70)
1808.6548	11 1 10	11 0 11	0.0280	0.0282(8)	0.0312(2)	0.0271	-316(43)	-294(12)
1809.2949	11 2 10	11 1 11	0.0283	0.0288(7)	0.0329(4)	0.0286	-219(32)	-189(25)
1813.0504	12 2 10	12 1 11	0.0310	0.0308(12)	0.0259(15)	0.0216	-887(51)	-1092(88)
1828.2079	12 1 11	12 0 12	0.0224	0.0224(2)	0.0208(13)	0.0172	-226(34)	-325(78)
1828.5318	12 2 11	12 1 12	0.0240	0.0242(7)	0.0307(6)	0.0271	-205(17)	-184(38)
1834.7780	13 2 11	13 1 12	0.0237	0.0235(4)	0.0334(11)	0.0297	-663(28)	-936(54)
1843.3944	11 2 10	10 1 9	0.0299	0.0300(9)	0.0338(1)	0.0295	105(21)	-7(11)
1847.3788	13 1 12	13 0 13	0.0210	0.0216(8)	0.0189(6)	0.0159	-198(11)	-281(36)
*1848.8151	14 1 14	13 0 13	0.0097	0.0096(8)	0.0139(0)	0.0106	-451(86)	-394(9)
1856.9172	14 3 12	14 2 13	0.0193	0.0193(6)	0.0228(9)	0.0196	-195(42)	-14(64)
1860.9164	12 1 11	11 2 10	0.0205	0.0208(18)	0.0250(0)	0.0212	-330(47)	-393(9)
1861.5316	12 2 11	11 1 10	0.0218	0.0223(4)	0.0261(0)	0.0223	-95(24)	-172(9)
*1864.0559	15 0 15	14 1 14	0.0075	0.0080(7)	0.0118(0)	0.0088	-278(31)	-422(9)
*1879.0194	16 1 16	15 0 15	0.0061	0.0068(15)	0.0103(0)	0.0077	-425(23)	-454(9)
1879.5989	13 2 12	12 1 11	0.0168	0.0166(9)	0.0201(0)	0.0167	-242(23)	-276(9)
1897.3725	14 1 13	13 2 12	0.0122	0.0122(7)	0.0161(0)	0.0130	-391(34)	-394(9)
1897.5213	14 2 13	13 1 12	0.0124	0.0127(9)	0.0161(0)	0.0131	-309(28)	-353(9)
*1908.1284	18 1 18	17 0 17	0.0053	0.0058(6)	0.0114(6)	0.0096	-358(179)	-414(51)
1914.5817	13 2 11	12 3 10	0.0265	0.0267(8)	0.0298(0)	0.0255	-1011(24)	-982(9)
1915.1956	15 1 14	14 2 13	0.0097	0.0106(8)	0.0136(0)	0.0108	-385(19)	-413(9)
1915.2704	15 2 14	14 1 13	0.0088	0.0086(5)	0.0129(1)	0.0101	-389(33)	-388(14)
1919.5134	13 3 11	12 2 10	0.0298	0.0294(4)	0.0321(2)	0.0279	425(27)	376(12)
1932.8027	16 1 15	15 2 14	0.0078	0.0078(5)	0.0116(6)	0.0090	-434(62)	-427(60)
1932.8409	16 2 15	15 1 14	0.0070	0.0071(5)	0.0115(2)	0.0089	-428(35)	-428(18)
1935.3245	14 2 12	13 3 11	0.0202	0.0202(2)	0.0243(2)	0.0207	-768(44)	-758(16)
1937.9465	14 3 12	13 2 11	0.0222	0.0222(4)	0.0258(1)	0.0220	71(31)	35(12)
1950.2204	17 1 16	16 2 15	0.0056	0.0052(5)	0.0150(6)	0.0127	-435(27)	-220(57)
1955.2503	15 2 13	14 3 12	0.0155	0.0156(7)	0.0222(7)	0.0191	-632(66)	-722(44)
1955.2503	15 2 13	14 3 12	0.0155	0.0156(7)	0.0222(7)	0.0191	-632(66)	-722(44)
1982.1977	15 3 12	14 4 11	0.0258	0.0251(12)	0.0259(14)	0.0221	-1802(67)	-1498(81)
*1984.4552	9 9 0	9 8 1	0.0327	0.0325(33)	0.0354(24)	0.0325	-1335(668)	-1160(125)
*2064.8537	7 7 0	6 6 1	0.0310	0.0310(20)	0.0349(0)	0.0311	-1063(409)	-1099(11)

(a). from ref. (4) and converted to $\text{cm}^{-1}/\text{atm.}$ from $\text{cm}^{-1}/\text{bar}$

(b) smoothed values of b^o given in Table 2

(c). corrected for H_2O self-broadening using parameters given in ref. (1) and H_2O partial pressure of 20 mbars.

* asterisk denotes doubled line with line position and quantum assignment pertaining to the stronger of the two comparable transitions.

Values given within parentheses are uncertainties in the last digit(s)
line positions computed from energy level values given in ref. (13)

Table 9. Comparison of N₂-broadened line shift coefficients, d°, in the (010) - (000) band of H₂¹⁶O between values of this work and those of Valentin et al.^a

line position	upper J	K _a	K _c	lower J	K _a	K _c	d° (cm ⁻¹ /atm. × 10 ⁵)	line position	upper J	K _a	K _c	lower J	K _a	K _c	d° (cm ⁻¹ /atm. × 10 ⁵)	
				this work			Valentin					this work			Valentin	
1842.1307	11	1	10	10	2	9	-415(60)	1967.4423	7	5	2	6	4	3	-701(38)	
1843.3944	11	2	10	10	1	9	176(17)	1976.1982	5	4	2	4	1	3	651(32)	
1845.5980	7	6	1	7	5	2	-911(38)	1981.3281	14	4	11	13	3	10	1660(3)	
1845.7840	7	6	2	7	5	3	-884(42)	1988.3958	8	5	4	7	4	3	-475(25)	
1845.9570	8	6	3	8	5	4	-801(36)	*1991.8864	6	6	1	5	5	0	-880(60)	
1847.7828	8	3	6	7	2	5	262(15)	1992.3881	8	5	3	7	4	4	-654(59)	
*1848.8151	14	1	14	13	0	13	-470(36)	1992.6504	9	4	5	8	3	6	1257(33)	
1852.4050	5	4	1	5	1	4	445(45)	1993.2578	7	3	5	6	0	6	711(19)	
1856.2597	6	4	2	6	1	5	432(34)	1998.9240	6	4	3	5	1	4	522(7)	
1858.5190	9	3	7	8	2	6	549(25)	2007.7002	9	5	5	8	4	4	-633(2)	
1859.7036	11	3	8	10	4	7	-1705(44)	2009.3337	8	2	6	7	1	7	-42(13)	
1860.9163	12	1	11	11	2	10	-326(39)	2016.7980	7	6	2	6	5	1	-1035(387)	
1861.5316	12	2	11	11	1	10	-25(35)	2018.3374	9	5	4	8	4	5	-373(25)	
*1864.0559	15	0	15	14	1	14	-266(10)	2019.0702	9	3	6	8	2	7	772(7)	
1866.3808	6	3	3	5	2	4	512(25)	2023.0301	10	5	6	9	4	5	-762(4)	
1867.8528	5	4	2	4	3	1	-246(20)	2026.6022	7	4	4	6	1	5	446(23)	
1868.0540	4	3	2	3	0	3	755(84)	2037.5067	10	4	6	9	3	7	1427(35)	
1870.8049	10	3	8	9	2	7	917(39)	2041.2884	8	6	3	7	5	2	-1077(48)	
1876.6317	7	3	4	7	0	7	101(15)	2041.4955	8	6	2	7	5	3	-989(47)	
*1879.0194	16	1	16	15	0	15	-414(12)	2043.9490	8	3	6	7	0	7	821(9)	
1879.2978	13	1	12	12	2	11	-288(32)	2046.5158	10	5	5	9	4	6	253(45)	
1879.5989	13	2	12	12	1	11	-172(40)	2060.4834	8	4	5	7	1	6	730(13)	
1884.5651	6	2	4	5	1	5	325(25)	*2064.8537	7	7	0	6	6	1	-1130(20)	
1885.3012	11	3	9	10	2	8	1097(30)	2065.0182	9	6	4	8	5	3	-1128(20)	
1892.5981	12	2	10	11	3	9	-1590(38)	-1641(9)	2065.8466	9	6	3	8	5	4	-1079(22)
1895.1974	6	4	2	5	3	3	-99(52)	2074.2354	9	2	7	8	1	8	-421(16)	
1897.3725	14	1	13	13	2	12	-361(11)	2078.5681	11	5	6	10	4	7	1425(47)	
1897.5213	14	2	13	13	1	12	-260(34)	2081.8735	10	3	7	9	2	8	652(15)	
1901.7595	12	3	10	11	2	9	977(22)	2087.4077	10	6	5	9	5	4	-1229(22)	
1904.3549	5	3	3	4	0	4	520(18)	2089.7423	11	4	7	10	3	8	1416(109)	
1907.9590	7	4	4	6	3	3	-50(29)	2090.0228	10	6	4	9	5	5	-743(94)	
1909.9639	7	3	4	6	2	5	531(29)	*2090.1007	8	7	2	7	6	1	-994(497)	
1914.5817	13	2	11	12	3	10	-1126(6)	-1153(8)	2097.3671	9	3	7	8	0	8	711(43)
1915.1956	15	1	14	14	2	13	-349(18)	2100.4327	9	4	6	8	1	7	1259(30)	
1915.2704	15	2	14	14	1	13	-369(24)	2106.3466	6	5	2	5	2	3	224(140)	
1919.5134	13	3	11	12	2	10	607(12)	2114.4256	11	6	5	10	5	6	-909(53)	
1922.3408	8	4	5	7	3	4	-219(25)	2114.9830	9	7	3	8	6	2	-315(158)	
1927.8595	13	3	10	12	4	9	-2859(39)	-2932(24)	2115.0160	9	7	2	8	6	3	-538(338)
1932.8409	16	2	15	15	1	14	-407(4)	-436(37)	*2136.1433	8	8	1	7	7	0	-1101(10)
1933.1654	9	4	6	8	3	5	-486(4)	-598(16)	2137.2231	8	5	4	7	2	5	277(81)
1935.3245	14	2	12	13	3	11	-817(25)	-895(24)	2138.1884	10	2	8	9	1	9	-693(19)
1937.9465	14	3	12	13	2	11	194(27)	189(14)	2139.3284	10	7	4	9	6	3	-1171(61)
1941.6275	10	4	7	9	3	6	-366(118)	-471(19)	2139.4790	10	7	3	9	6	4	-1279(58)
1942.5161	6	5	2	5	4	1	-782(28)	-984(1)	2145.4670	10	4	7	9	1	8	1686(53)
1942.7653	6	5	1	5	4	2	-743(19)	-990(5)	2147.4055	11	3	8	10	2	9	-302(145)
1945.3402	7	2	5	6	1	6	455(67)	310(25)	2152.5580	10	3	8	9	0	9	591(76)
1946.3643	6	3	4	5	0	5	575(74)	455(75)	*2161.7262	9	8	1	8	7	2	-1184(37)
1949.2498	11	4	8	10	3	7	502(64)	376(10)	2163.4305	11	7	4	10	6	5	-1190(22)
1954.9959	8	4	4	7	3	5	819(42)	704(21)	2181.3439	10	5	6	9	2	7	905(65)
1955.2503	15	2	13	14	3	12	-668(53)	-691(23)	2186.9204	10	8	3	9	7	2	-1116(114)
1956.2334	4	4	1	3	1	2	449(30)	400(16)	2200.3057	11	2	9	10	1	10	-787(35)
1957.6555	12	4	9	11	3	8	1159(58)	992(14)	*2205.2174	9	9	0	8	8	1	-1006(22)
1961.1814	8	3	5	7	2	6	532(30)	375(20)	2211.6311	11	8	3	10	7	4	-833(417)
1966.2612	7	5	3	6	4	2	-660(38)	-880(15)	2016.8347	7	6	1	6	5	2	-1038(126)

(a). from ref. (12)

• asterisk denotes doubled absorptions with the line position and quantum assignment pertaining to the stronger of the two comparable transitions

Values given within parentheses are uncertainties in the last digit(s)
line positions computed from energy level values given in ref. (13)

Table 10. Comparison of air-and N₂-broadened widths (HWHM), b°, of H₂¹⁶O between values of this work and those from other studies^a using tunable diode lasers.

line position	upper			lower			buffer gas	b° (cm ⁻¹ /atm.)	other ^a	band
	J	K _a	K _c	J	K _a	K _c		this work		
922.1354	12	7	6	11	2	9	N2	0.0680(20)	0.0748	1
948.2629	12	5	8	11	0	11	N2	0.0750(15)	0.0738	1
959.1854	18	2	16	17	1	17	N2	0.0160(32)	0.0178	1
959.2278	18	3	16	17	0	17	N2	0.0177(43)	0.0178	1
1014.4752	10	1	10	11	2	9	N2	0.0562(11)	0.0588	2
1028.2717	11	7	4	10	2	9	N2	0.0663(48)	0.0717	1
1066.1546	9	0	9	10	3	8	N2	0.0605(13)	0.0489(33)	2
1652.4003	3	0	3	2	1	2	air	0.0948(20)	0.0897(15)	2
1652.4003	3	0	3	2	1	2	N2	0.1072(25)	0.0988(23)	2
1652.4740	6	2	5	5	3	2	air	0.0910(50)	0.0613(68)	2
1653.2671	2	1	2	1	0	1	air	0.1022(50)	0.0988(15)	2
1653.2671	2	1	2	1	0	1	N2	0.1175(45)	0.1094(23)	2
1653.4169	4	1	3	4	0	4	air	0.0936(15)	0.1049(46)	2
1653.4169	4	1	3	4	0	4	N2	0.1075(20)	0.1165(53)	2
1662.8093	2	2	1	2	1	2	air	0.0972(8)	0.0950(46)	2
1662.8093	2	2	1	2	1	2	N2	0.1068(10)	0.1049(53)	2
1668.2848	6	2	4	6	1	5	air	0.0888(25)	0.0851(46)	2
1668.2848	6	2	4	6	1	5	N2	0.1018(20)	0.0950(46)	2
*1879.0194	16	1	16	15	0	15	air	0.0068(15)	0.0070(8)	2
*1879.0194	16	1	16	15	0	15	N2	0.0078(16)	0.0071(8)	2
1879.2978	13	1	12	12	2	11	air	0.0163(18)	0.0171(18)	2
1879.2978	13	1	12	12	2	11	N2	0.0170(15)	0.0185(19)	2
1932.8027	16	1	15	15	2	14	air	0.0078(5)	0.0091(9)	2
1932.8027	16	1	15	15	2	14	N2	0.0086(6)	0.0096(10)	2
1932.8409	16	2	15	15	1	14	air	0.0071(5)	0.0091(9)	2
1932.8409	16	2	15	15	1	14	N2	0.0076(2)	0.0096(10)	2
1933.1654	9	4	6	8	3	5	air	0.0835(21)	0.0730(73)	2
1933.1654	9	4	6	8	3	5	N2	0.0915(30)	0.0811(81)	2
1941.6275	10	4	7	9	3	6	air	0.0754(11)	0.0810(81)	2
1941.6275	10	4	7	9	3	6	N2	0.0818(16)	0.0894(90)	2
1945.3402	7	2	5	6	1	6	air	0.0853(11)	0.0851(85)	2
1945.3402	7	2	5	6	1	6	N2	0.0949(35)	0.0925(101)	2
1946.3643	6	3	4	5	0	5	air	0.0841(25)	0.0885(89)	2
1946.3643	6	3	4	5	0	5	N2	0.0941(60)	0.0976(98)	2
1956.2334	4	4	1	3	1	2	N2	0.0999(17)	0.0958(101)	2
1966.2612	7	5	3	6	4	2	air	0.0682(12)	0.0532(64)	2
1967.4423	7	5	2	6	4	3	air	0.0608(11)	0.0532(64)	2

(a) other studies include the following:

for line positions less than 1070 cm⁻¹, Eng and Mantz (9)

line positions >1662 cm⁻¹ and <1669 cm⁻¹ from Mucha (10)

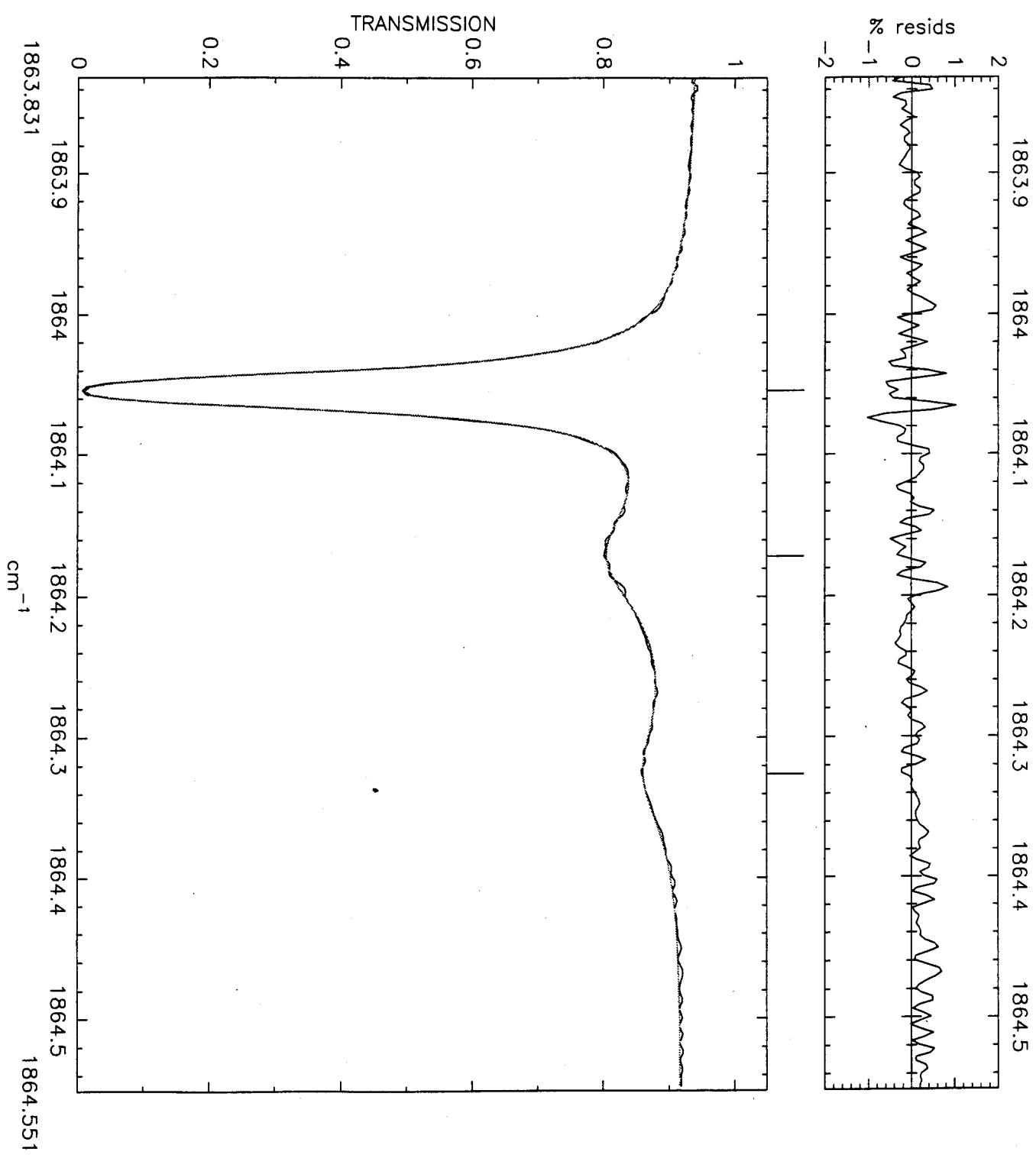
for line positions greater than 1879 cm⁻¹, Eng et al. (7)

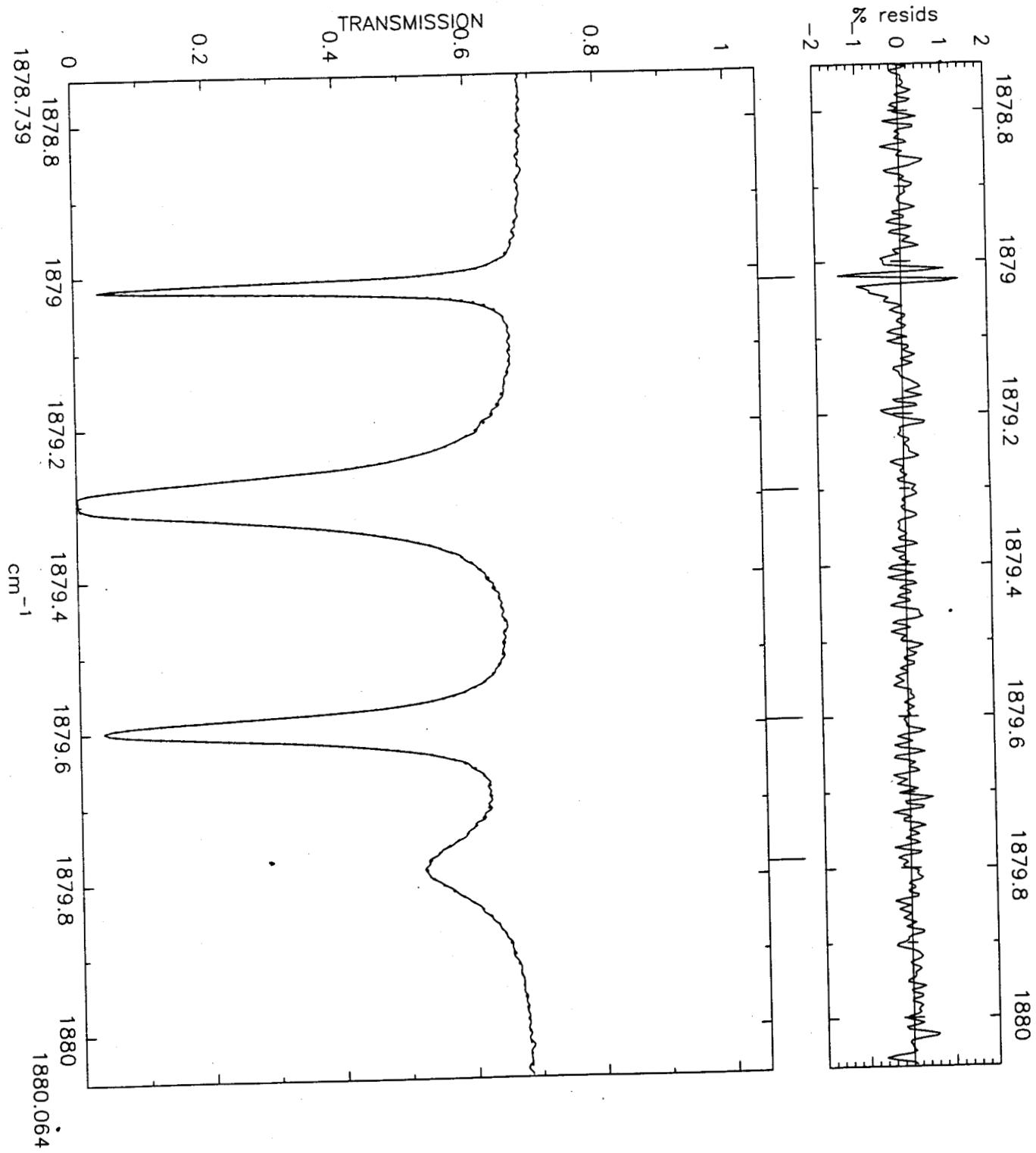
Band notation: 1=(000)-(000) band, 2=(010)-(000) band

*asterisk denotes doubled line with line position and quantum assignment pertaining to the stronger of the two comparable transitions

values given within parentheses are uncertainties in the last digits

line positions computed from energy level values given in ref. (13)





b° (cm⁻¹/atm.)

